

μCOM-80 トレーニング・キット
TK-80 ユーザーズ・マニュアル

NEC 日本電気株式会社

目 次

第1章 概 説	1
1.1 TK-80のシステム概要	1
1.2 TK-80の仕様	3
1.3 オーディオ・カセットの利用	4
1.4 システムの拡張性	4
1.5 電源に関する注意事項	6
第2章 組み立て	7
2.1 組み立て作業の進め方	7
2.2 キット部品の確認	8
2.3 道具の準備	11
2.3.1 必要な道具, 材料	11
2.3.2 あると便利な道具	11
2.4 ハンダ付けに関する注意	11
2.5 組み立て	13
2.5.1 スペーサとアルミ・ボードの取り付け	13
2.5.2 抵抗器の取り付け	13
2.5.3 ダイオードの取り付け	15
2.5.4 コンデンサの取り付け	16
2.5.5 トランジスタの取り付け	17
2.5.6 LEDの取り付け	18
2.5.7 ICの取り付け	18
2.5.8 ICソケットの取り付け	19
2.5.9 水晶振動子の取り付け	20
2.5.10 トグル・スイッチの取り付け	21
2.5.11 キー・スイッチの取り付けおよび配線	22
2.6 検査	25
2.7 ICソケットへのICの実装	25

2.8	電源の取り付け	27
2.9	動作の確認	28
2.10	トラブル対策	29
 第3章 モニタプログラムとその操作方法		35
3.1	概 要	35
3.2	基本的な操作方法	35
3.3	基本的なプログラミング操作例	36
3.4	プログラミングに関する基本的な注意事項	40
3.5	バッテリーによるメモリデータの保存	41
3.6	モニタプログラムの詳細な説明	44
3.6.1	モニタプログラムのスタート	44
3.6.2	モニタプログラム・スタート時の初期値設定	44
3.6.3	データのセット	44
3.6.4	キーコマンド	45
3.6.5	ステップ動作	50
3.6.6	ブレーク動作	50
3.6.7	レジスタの表示	52
3.6.8	リスタート・ジャンプ・テーブル	53
3.6.9	LEDディスプレイへのデータの表示	54
3.7	TK-80メモリマップ	56
3.8	モニタ・アセンブル・リスト	59
 第4章 モニタサブルーチン		73
4.1	概 要	73
4.2	サブルーチンの考え方	73
4.3	サブルーチンの機能説明	76
4.3.1	セグメントデータ変換サブルーチン	76
4.3.2	アドレスレジスタ、データレジスタ 表示サブルーチン	79
4.3.3	キー入力サブルーチン(1)	81
4.3.4	キー入力サブルーチン(2)	91
4.3.5	シリアル出力サブルーチン	92

4.3.6	シリアル入力サブルーチン.....	94
4.3.7	タイマ・サブルーチン.....	96

第5章 TK-80ハードウェア 99

5.1	マイクロコンピュータの基本的な システム構成	99
5.2	TK-80のシステム構成	101
5.2.1	CPU部のシステム構成.....	103
5.2.2	ROM, RAMの構成	105
5.2.3	表示回路とDMA転送	108
5.2.4	プログラマブル・ペリフェラル・ インタフェース(PPI)とキーボード回路	109
5.2.5	μ PD8255(PPI)のプログラミング法.....	111
5.2.6	μ PD8255の使用上の注意事項.....	114
5.2.7	アドレス/データ信号端子.....	115

第6章 TK-80CMTインタフェース 117

6.1	概 要	118
6.2	データのフォーマット	118
6.3	データの送信	119
6.4	変調回路	120
6.5	データの受信	120
6.6	復調回路	121
6.7	インタフェース製作および使用法.....	122
6.7.1	部品表.....	122
6.7.2	テープへの録音.....	124
6.7.3	データのロード.....	125

第7章 TK-80用電源回路例 127

7.1	3端子レギュレータを使用する場合.....	127
7.2	バッテリー動作.....	128

付図. I	プリント基板端子配列表	131
付図. II	TK-80回路図	133
付図. III	プリント基板部品面図.....	135

第1章 概 説

はじめに

TK-80トレーニング・キットは、これからマイクロコンピュータを理解し、実際に使ってみようという方の便宜のために設計された8ビット・マイクロコンピュータのキットで、組み立てに必要な全部品と説明書が含まれています。従ってあなたは組み立て説明書の指示通りに部品を取り付けていけばキットを完成させることができます。

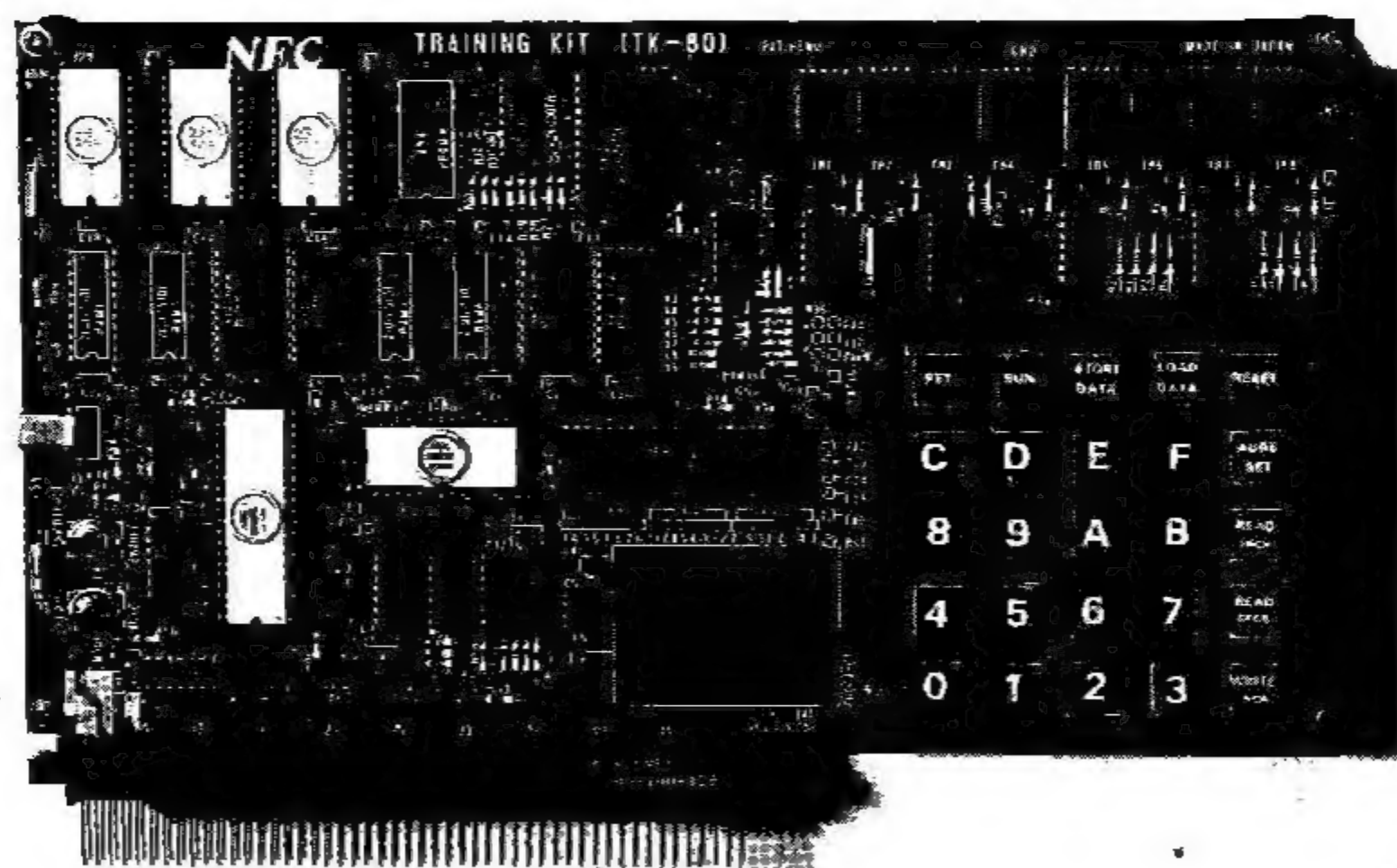
組み立てたセットは、プログラミング手段としてキー・ボード・スイッチと16進数表示の8桁ディスプレイを備えていますので、電源を接続するだけですぐにプログラムを書き込んで、その場でそのプログラムを実行することができます。説明書の中には興味深いプログラム例が示されていますので、その通りプログラムしていけば楽しみながらプログラム・テクニックを少しずつ習得していくことができます。

このようにTK-80キットは、マイクロコンピュータのハードウェアとソフトウェアを具体的に体験しながら学ぶことができるため、極めて短時間でこの分野の知識を習得することができます。

このキットで採用している回路は、トレーニング・キットとしての機能を目的として低価格、簡略化を計っており、量産機種には不向きな部分もありますので、直接の採用はお控えください。なお当社は、特許権等に関する一切の責任を負いませんので、御了承ください。

注意 部品キットの開封は、マニュアルの中で組み立ての指示があるまで行わないでください。

写真1-1 完成したTK-80キット



1.1 TK-80のシステム概要

図1-1 TK-80のシステム構成

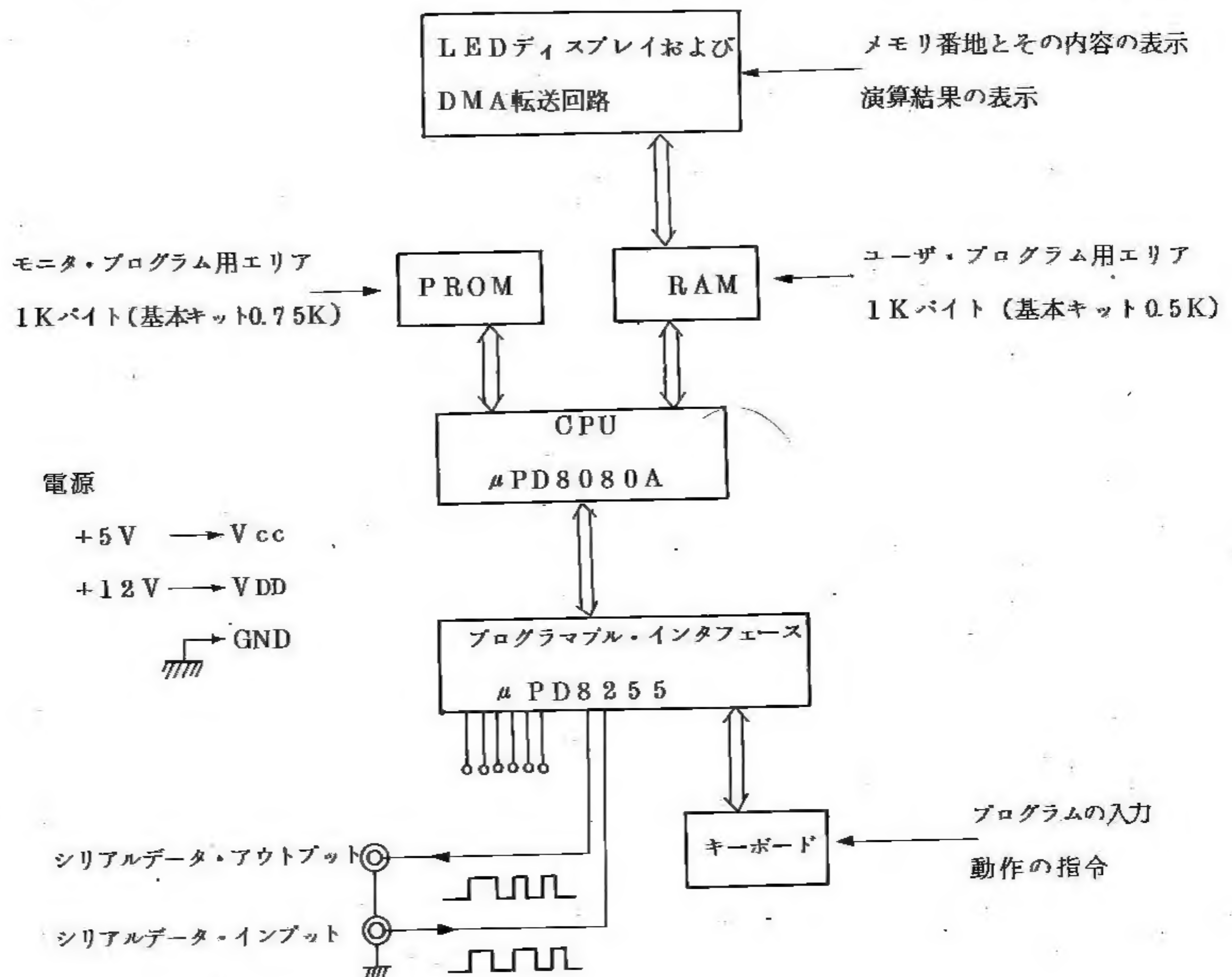


図1-1にTK-80のシステム構成を示します。このシステムは動作に必要な全回路を1枚のプリント・ボードに実装した極めてシンプルな構成になっています。このためボードへの部品取り付けが完了すると、外部より2種類の電源を供給するだけで、すぐにシステムを動作させることができます。

はじめにRESETキーを押すと、PROMに書き込まれているモニタ・プログラムが動作を開始します。モニタ・プログラムは、データや命令をキーボードからメモリに書き込んだり、読み出したりするためのプログラムです。この時メモリ番地とデータはそれぞれ16進数表現で、8桁の数字表示用LEDに表示されます。PROMを取り付けるスペースは4個分あり(PROM1個のサイズは256ワード×8ビットです)、その内モニタ・プログラムに3個がすでに使われているので、残り1個のスペースがユーザ・プログラム用として使用できます。

RAMはボード上に1,024バイトまで実装できますが(RAM1個のサイズは256ワード×4ビット)、最小構成では2チップ・256バイトで動作可能です。RAMを最小構成から順に増やして行く場合には、メモリ番地の大きい方から小さい方へという順番で実装して行きます。これはモニタ・プログラムで使用するスタック・エリアとワーキング・エリアがRAMの実装されるメモリ番地の最後にとられているためです。

TK-80で使用するRAMは、消費電流の非常に少ないCMOSですので、乾電池でバック・アップすれば他の電源を切っても、記憶した内容をそのまま保持することができます。

プログラマブル・ペリフェラル・インタフェースLSIは、キーボード回路のスキヤニングに使用されます。また入出力ポートの内2本がシリアル・データ転送用に使用されます。シリアル・データとTK-80で使用するパラレル・データとの変換は、モニタ・プログラムがソフトウェア上の処理で行っています。このシリアル・データ転送ラインにオーディオ周波数での変復調回路を追加すれば、簡単にオーディオ・テープ（カセット・テープが手軽です）を外部記憶装置として使用できます。

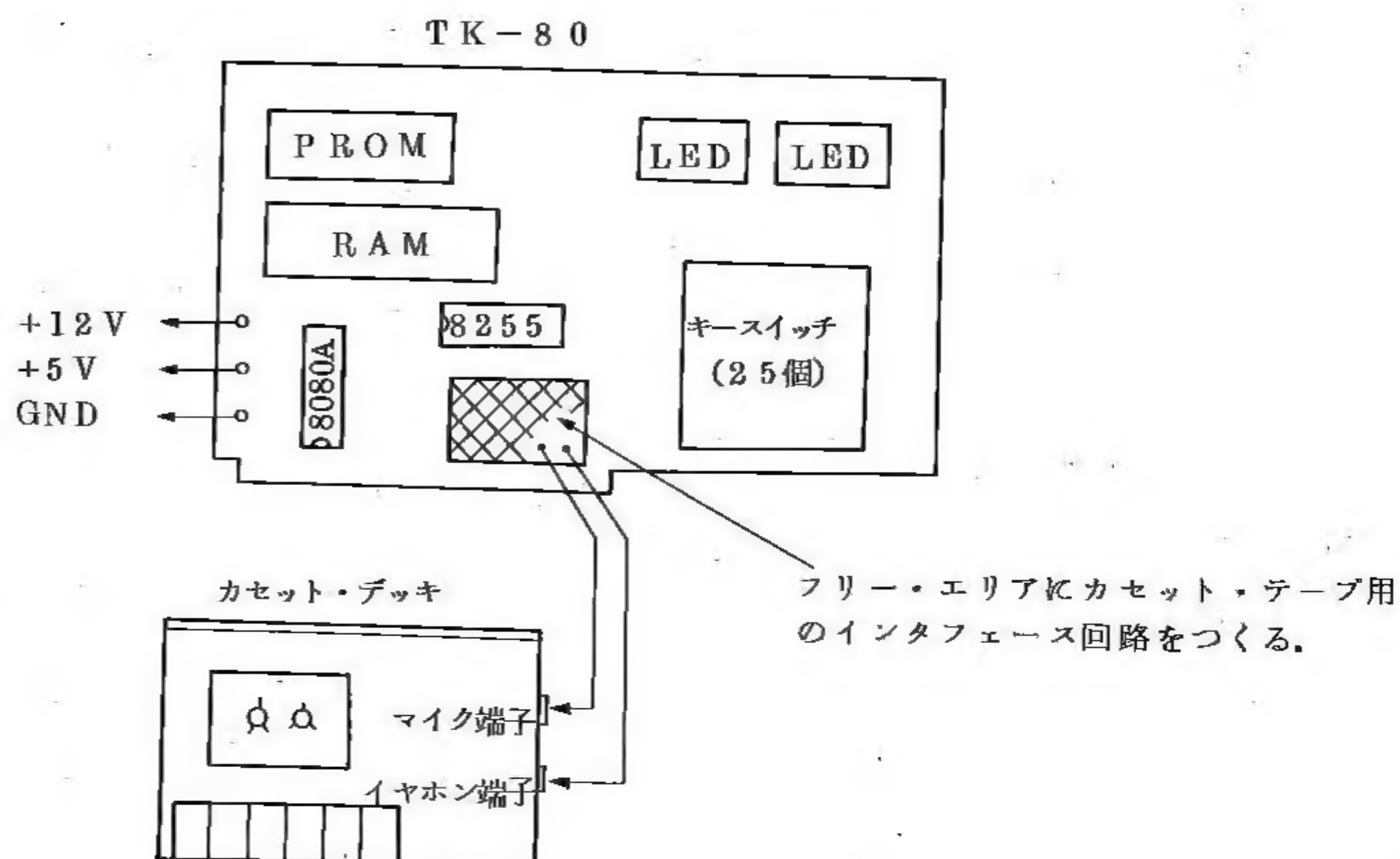
オーディオ・テープへの書き込み、読み出しのためのソフトウェアはモニタ・プログラムに含まれています。最も簡単な変復調回路は（第6章を参照してください）、IC2〜3個とダイオード、抵抗、コンデンサのおおの数本で構成できますので、TK-80のプリント・ボードのフリー・エリアとして残されているスペースに組み込むことができます。

1.2 TK-80の仕様

CPU	μPD8080A
クロック周波数	2.048MHz（18.432MHzクリスタル使用）
ROM実装容量（MAX）	1,024バイト（ボード上MAX）
RAM実装容量（MAX）	1,024バイト（ボード上MAX）
パラレルI/Oポート	8ビット×3ポート（入力、出力はプログラム可能）
入力装置	キーボード・スイッチ 25個（標準）
表示装置	8桁7セグメントLEDによる16進数表示
シリアルI/O	110ビット/秒のシリアル入・出力端子（シリアルデータのロード、ストア機能はモニタに含まれています）
動作モード	シングルステップ、自動、をスイッチで切り換え
RAMバックアップ	乾電池2本（3V）で可能
電源	外部電源が必要
	+5V ±5% 0.9A（MAX）
	+12V ±5% 0.15A（MAX）
動作温度	0°C〜50°C
寸法	310×180mm（プリント基板の寸法）

1.3 オーディオ・カセットの利用

図1-2 オーディオ・カセットの接続法



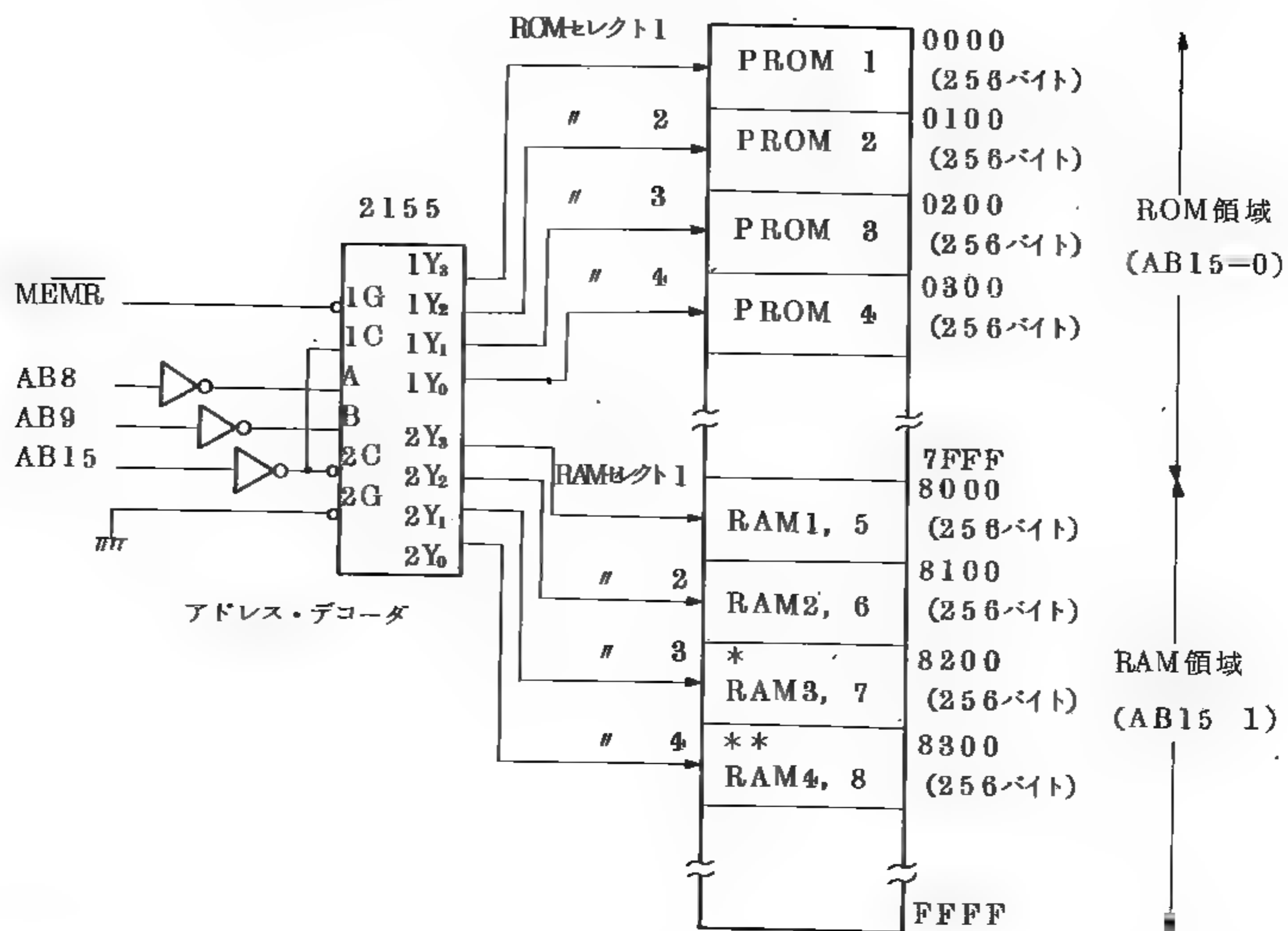
TK-80のモニタ・プログラムには、すでにオーディオ・カセットを外部記憶装置として利用するための、ロード、ストア機能が含まれています。実際には図1-2のような構成で利用できます。

1.4 システムの拡張性

システムに拡張性をもたせるために、プリント・ボードのコネクタ端子にアドレス・バスとデータ・バスが引き出されています。ただし、データ・バスはTTLでドライブ能力が強化されていますがアドレス・バスはCPU(MOS)から直接引き出されているので、大きな負荷が接続される場合には途中にバッファを追加する必要があります。

またメモリをボードの外に増設したい場合には、ボード上のメモリと追加したメモリを正しくアクセスさせるためのデコーダが必要です。このように適当なバッファやデコーダを追加すれば、システムは拡張することができます。

図 1-3 基本構成のメモリ配置



- ** 最初にメモリを実装する場合は、RAM4, RAM8の位置に取り付けます(このエリアにスタックが確保されます)。
- * 次に[RAM3, RAM7], [RAM2, RAM6], [RAM1, RAM5]の順に取り付けます。

1.5 電源に関する注意事項

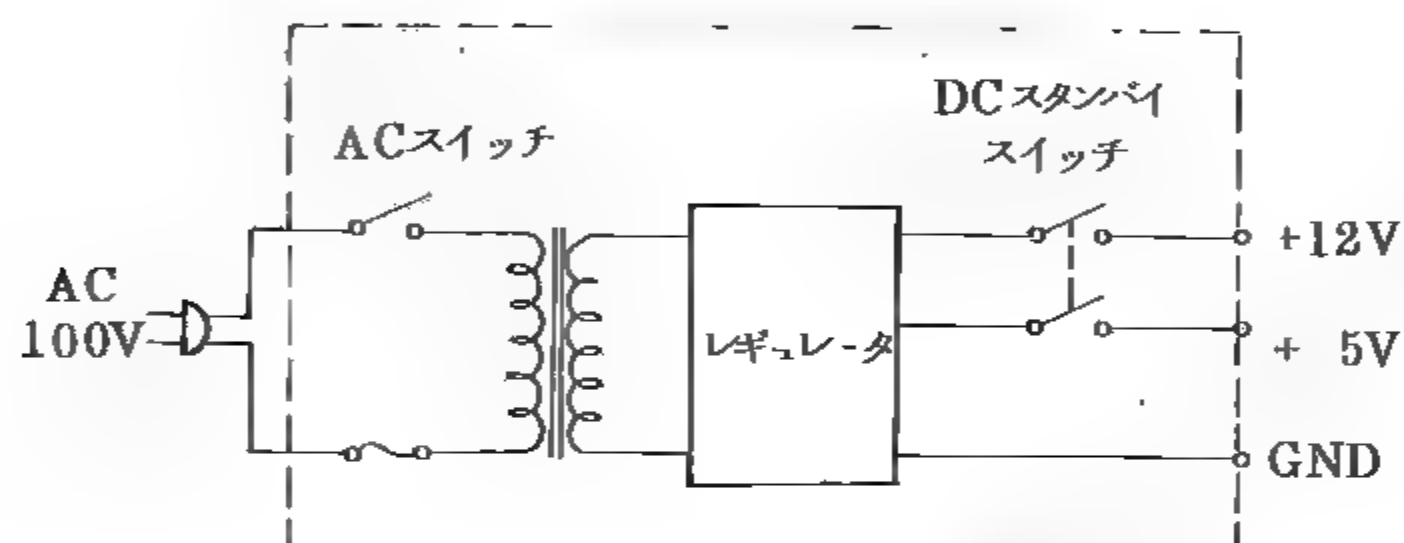
TK 80用の電源には、ACスイッチとDCスタンバイ・スイッチの両方が付いているものを使用するようにして下さい。

ACスイッチだけが付いている電源を利用する場合は、DCスイッチを外付けして、このスイッチで電源のオン/オフを行って下さい。

備考 一般の安定化電源では、ACスイッチのオン/オフ時に電源トランスに発生したサージが直流出力によって、スパイク状の異常電圧を誘起することがあります。

この異常電圧は、その程度によりますが最悪の場合にはICなどの素子に悪影響を与えます。

(1) 好ましい電源

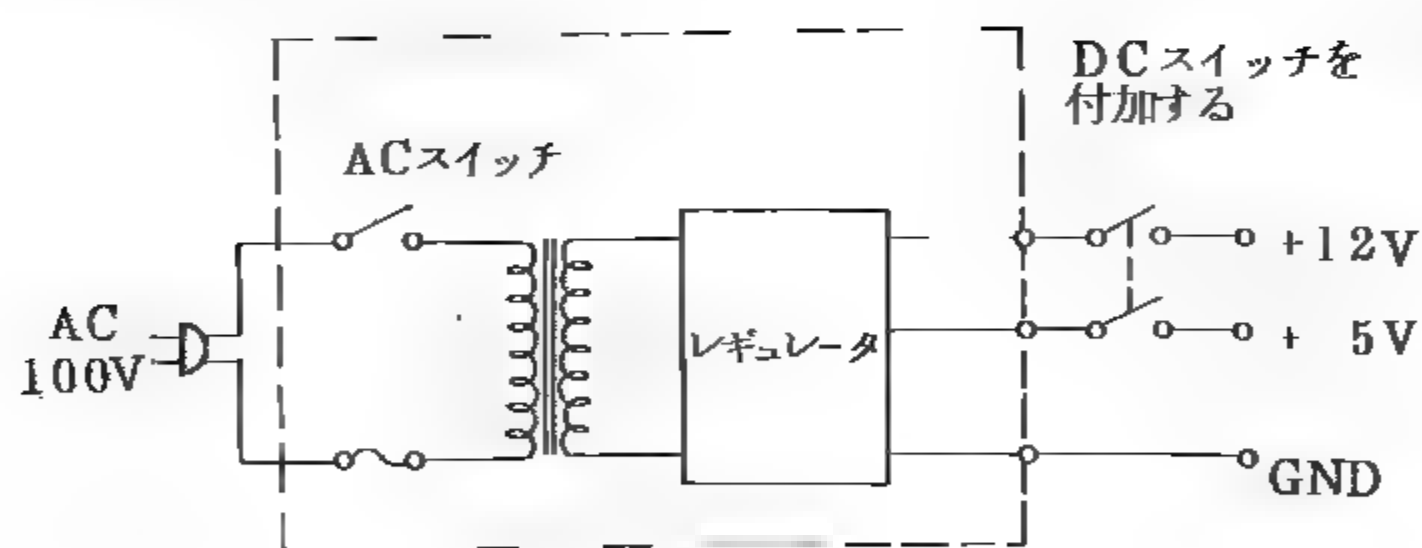


DC出力をOFFにできるスイッチが付いている電源が好ましい。

投入順序
AC SW ON
↓
DC SW ON

(+5V, +12Vのスイッチが独立している場合には+5Vを先に投入して下さい)

(2) DCスイッチの外付け



切断順序
DC SW OFF
↓
AC SW OFF

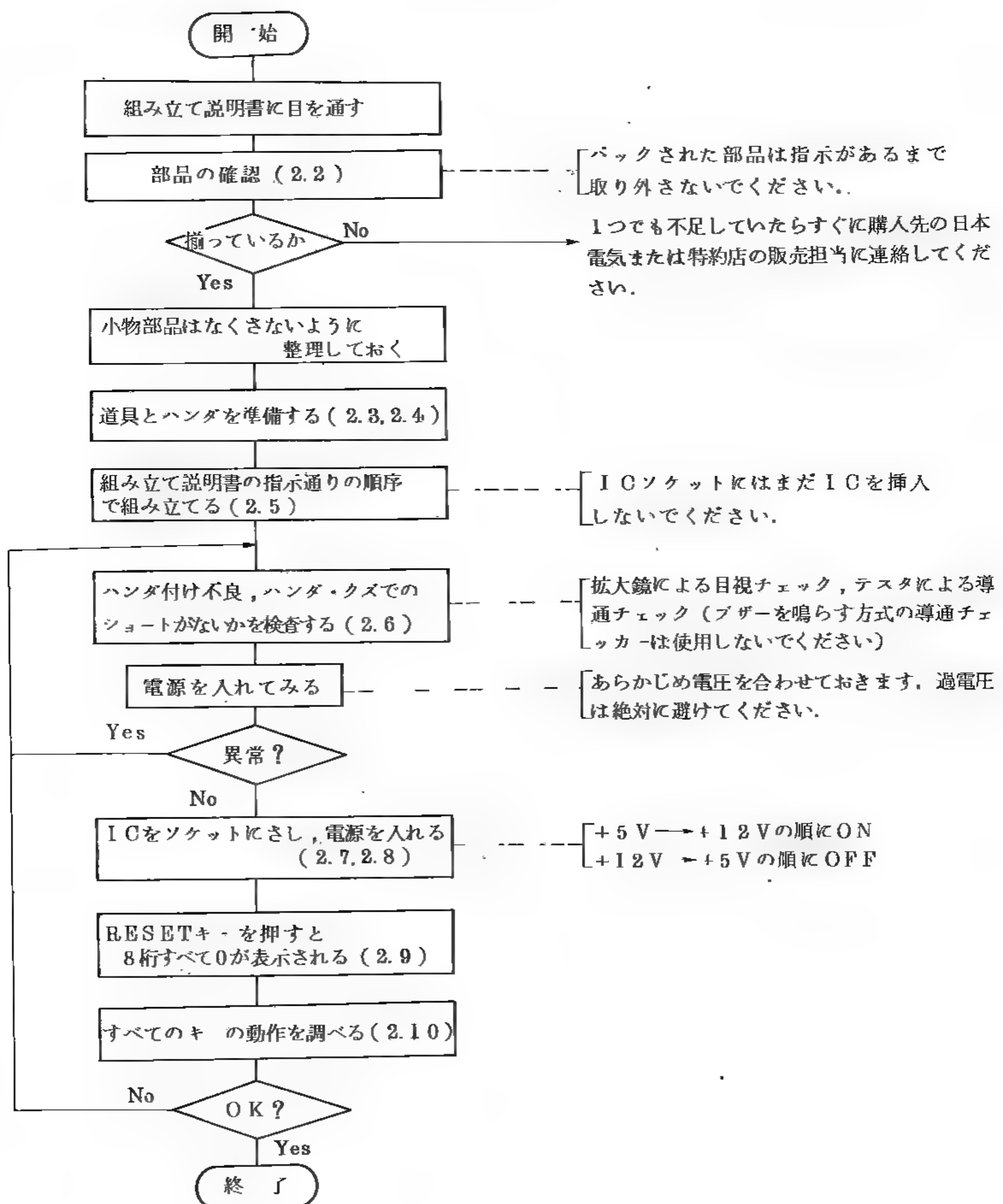
(+5V, +12Vのスイッチが独立している場合には+12Vを先に切断して下さい)

第2章 組み立て

2.1 組み立て作業の進め方

TK-80キットの組み立ては、図2-1の順序で行ってください。

図2-1 組み立て作業の進め方



2.2 キット部品の確認

キットには、次の部品が含まれています。組立て前に必ず確認してください。

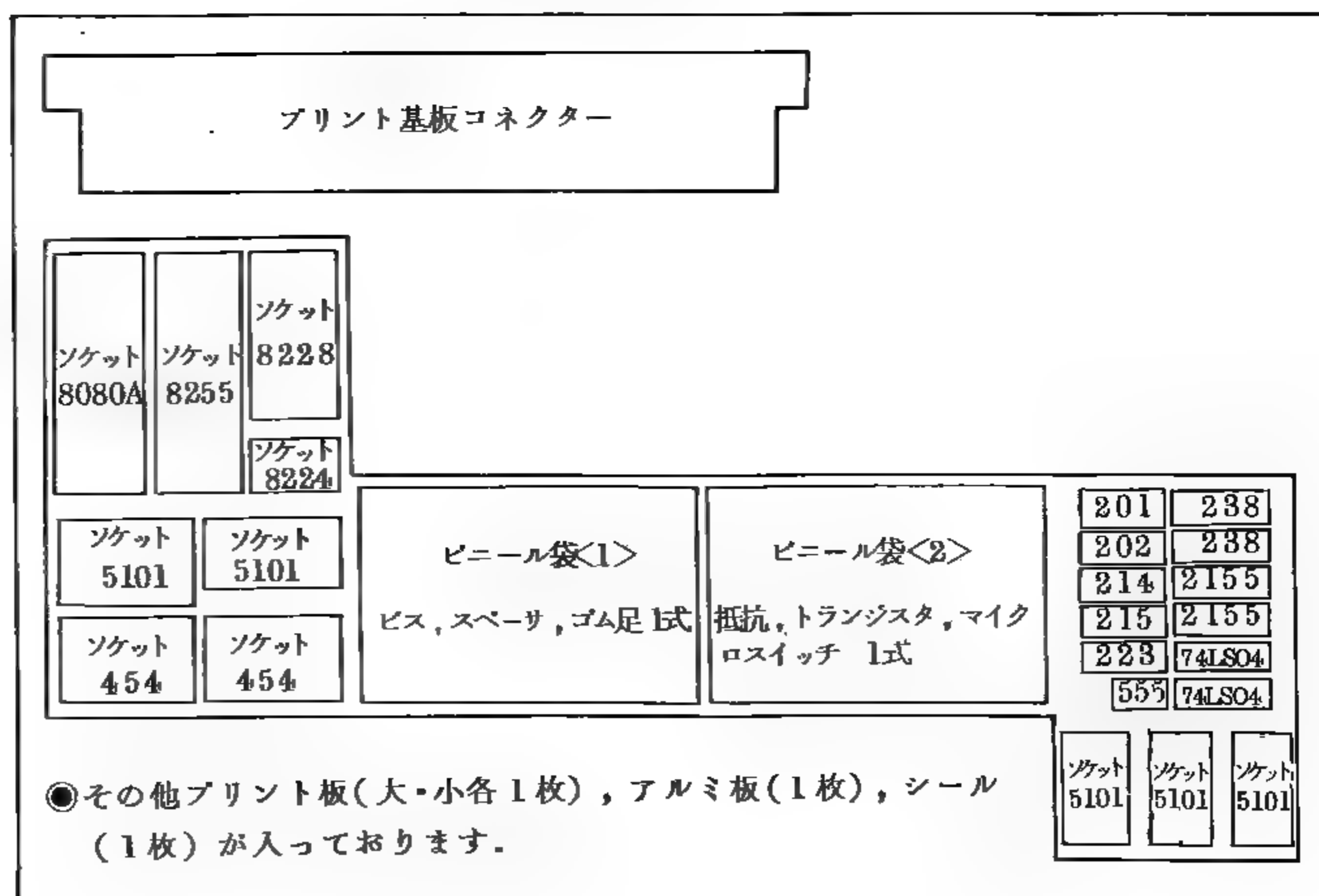
部品の中にはMOS LSIのように静電気に対して敏感な素子も含まれていますので、前面にバックされている部品は指示があるまで取付け台からはずさないでください。

(1) 前面にバックされている部品

I C	μ PD8080A	×1	8ビット・パラレル・セントラル・プロセッサ・ユニット
	μ PB8212	×1	8ビット I/Oポート
	μ PB8224	×1	クロック・ジェネレータ・ドライバ
	μ PB8228	×1	システムコントローラ・バสดライバ
	μ PD8255	×1	プログラマブル周辺インタフェース
	μ PD454	×3	フルデコード2048ビット EEPROM
	μ PD5101	×4	フルデコード1024ビット スタティックRAM
LED	SN713A	×8	7セグメント固体発光数字表示素子
XTAL	18.432MHz	×1	HC18/Uタイプ水晶振動子
KEYスイッチ		×25	メカニカル接点キー・スイッチ

(2) 箱の内側に格納されている部品

図2-2 箱の内側の部品配置



IC μ PB201(7400) $\times 1$

μ PB202(7410) $\times 1$

μ PB214(7474) $\times 1$

μ PB215(7401) $\times 1$

μ PB223(7493A) $\times 1$

μ PB238(7438) $\times 2$

μ PB2155(74155) $\times 2$

74LS04 $\times 2$

NE 555 $\times 1$

ICソケット 40ピン $\times 2$

28ピン $\times 1$

24ピン $\times 3$

22ピン $\times 4$

16ピン $\times 1$

プリント基板(大) $\times 1$

プリント基板(小) $\times 1$

プリント基板用コネクタ $\times 1$

キー取付用アルミ板 $\times 1$

キー用文字シール 1組

ビニール袋(1)

ビス $\times 7$

ナット $\times 7$

ワッシャ $\times 7$

スペーサ(長) $\times 3$

スペーサ(短) $\times 4$

ゴム足 $\times 7$

スズメッキ線材 2m

エンパイア・チューブ 1m

ビニル線材 1m

ビニール袋(2)

抵抗器 51 Ω $\frac{1}{4}W$ $\times 8$

1K Ω $\frac{1}{4}W$ $\times 24$

5.1K Ω $\frac{1}{4}W$ $\times 8$

10K Ω $\frac{1}{4}W$ $\times 8$

15K Ω $\frac{1}{4}W$ $\times 8$

33K Ω $\frac{1}{4}W$ $\times 8$

51K Ω $\frac{1}{4}W$ $\times 2$

コンデンサ	1 μ F	15WV	タンタル	×	2
	10 μ F	25WV	タンタル	×	1
	22 μ F	15WV	タンタル	×	2
	0.01 μ F	50WV	セラミック	×	34
トランジスタ	2SA713			×	8
ダイオード	SD13			×	4
	1S953/954			×	2
トグルスイッチ	双極双投			×	1
	単極双投			×	1

確認の結果、1個でも不足していた場合は、購入先の日本電気または特約店の販売担当へ連絡してください。

写真2-1 TK-80キット



2.3 道具の準備

2.3.1 必要な道具，材料

○ハンダごて ○ニッパ ○テスタ ○ハンダ

ハンダごては，25W程度の小型で，こて先の細いものがが必要です。古くなったこて先は新しいものと交換してください。ヒータとこて先の絶縁不良のものは絶対に使用しないでください。

ハンダは“ヤニ入りハンダ”を使用してください。ハンダの線径は0.7mm～1.0mmのものが適当です。太すぎますとハンダが多く，盛り上がり過ぎて隣りのパターンとのショートの原因になりやすいのでよくありません。

2.3.2 あると便利な道具

○拡大鏡 ○十字ドライバ ○先き細ペンチ

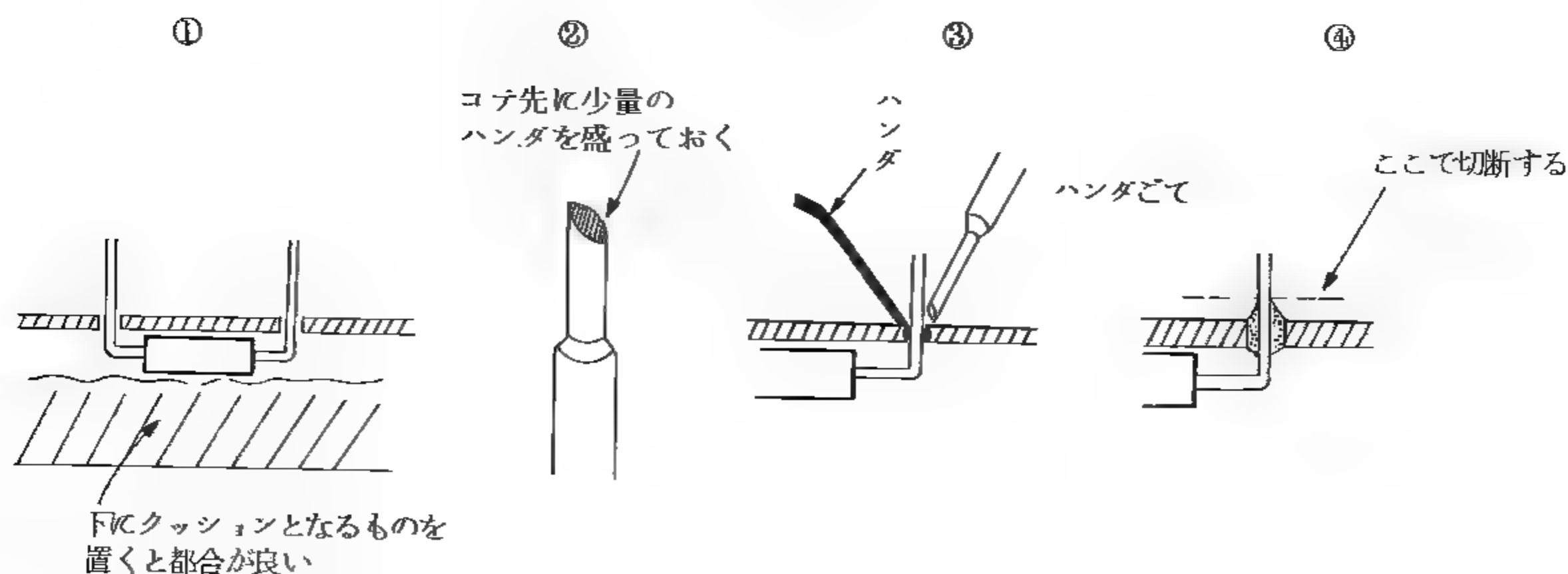
○ハンダ吸い取り用のフラックス含有編線

拡大鏡はハンダ付け完了後，配線パターンが“ハンダくず”や“細いハンダの糸”でショートしていないかを調べるのに便利です。虫めがね，ルーペなどなんでも結構ですが，あると重宝なものです。

2.4 ハンダ付けに関する注意

ハンダ付けの前にハンダごての手入れを行うように心掛けてください。こて先の太いものや古くなってボロボロになっているものは不適当です。ヤスリで磨くか新しいものと交換してください。またこて先とヒータが絶縁不良になっていましたと，半導体部品を破壊する恐れがありますので，一度テスタで絶縁状態を調べてください。

図2-3 ハンダ付け手順

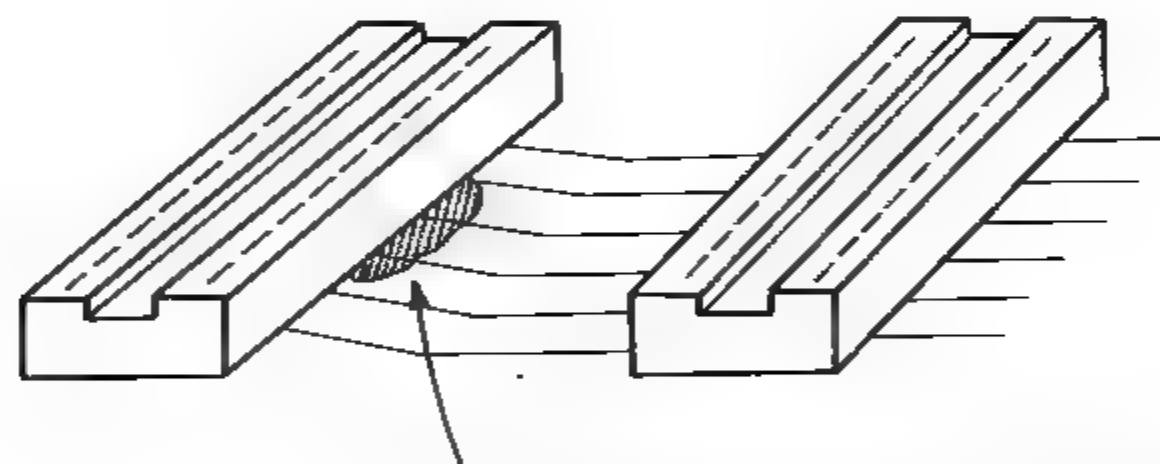


ハンダ付け作業は次の手順で行います。

- (1) まず部品を取り付け穴に差し込み、裏返しにします。この時クッションとなるものを下に置くと部品がしっかり押え付けられます。
- (2) ハンダごてのこて先に少量のハンダを付け、ハンダになじませて置きます。
- (3) ハンダごてをハンダ付けする場所とリード線に密着するようにあてがって加熱します。ほぼ同時に少し遅れてハンダ線をこの場所にあてがうとハンダが溶け始めます。ハンダがスルーホールの穴に吸い込まれ、接合部に行きわたったらハンダとハンダごてを離します。
- (4) 不要のリード線をニッパで切り捨てればハンダ付けは完了します。半導体部品は長時間過熱することはできませんので、この作業は2〜3秒程度で終わるようにしてください。

注 ハンダは多く盛り過ぎないように注意してください。余分のハンダは隣りのパターンへ流れたり、思わぬ障害になることがあります。特にICソケットを取り付ける際には、できるだけ少量のハンダで済ませてください。プリントの穴はスルーホールですので、ハンダは片面だけで良く裏面までしみ込ませる必要はありません。あまりハンダを流し込み過ぎますと、ソケットに隠れて見えない部分でピン間の^{注(1)}ショートを起こすことがありますので注意してください。

また、プリント・ボードの上で不用意にハンダごてを振るのは避けてください。落ちたハンダが思わぬ場所に入り込んで気が付かないことがありますので注意してください。



溶けたハンダ玉がICソケットの下に入り込むと
ICソケットを一旦はずさないと修理できません。

注(1) このキットではプリント・ボードのハンダ部分以外は、レジストでカバーされていますので、ブリッジは起こりにくくなっていますが念には念を入れてください。

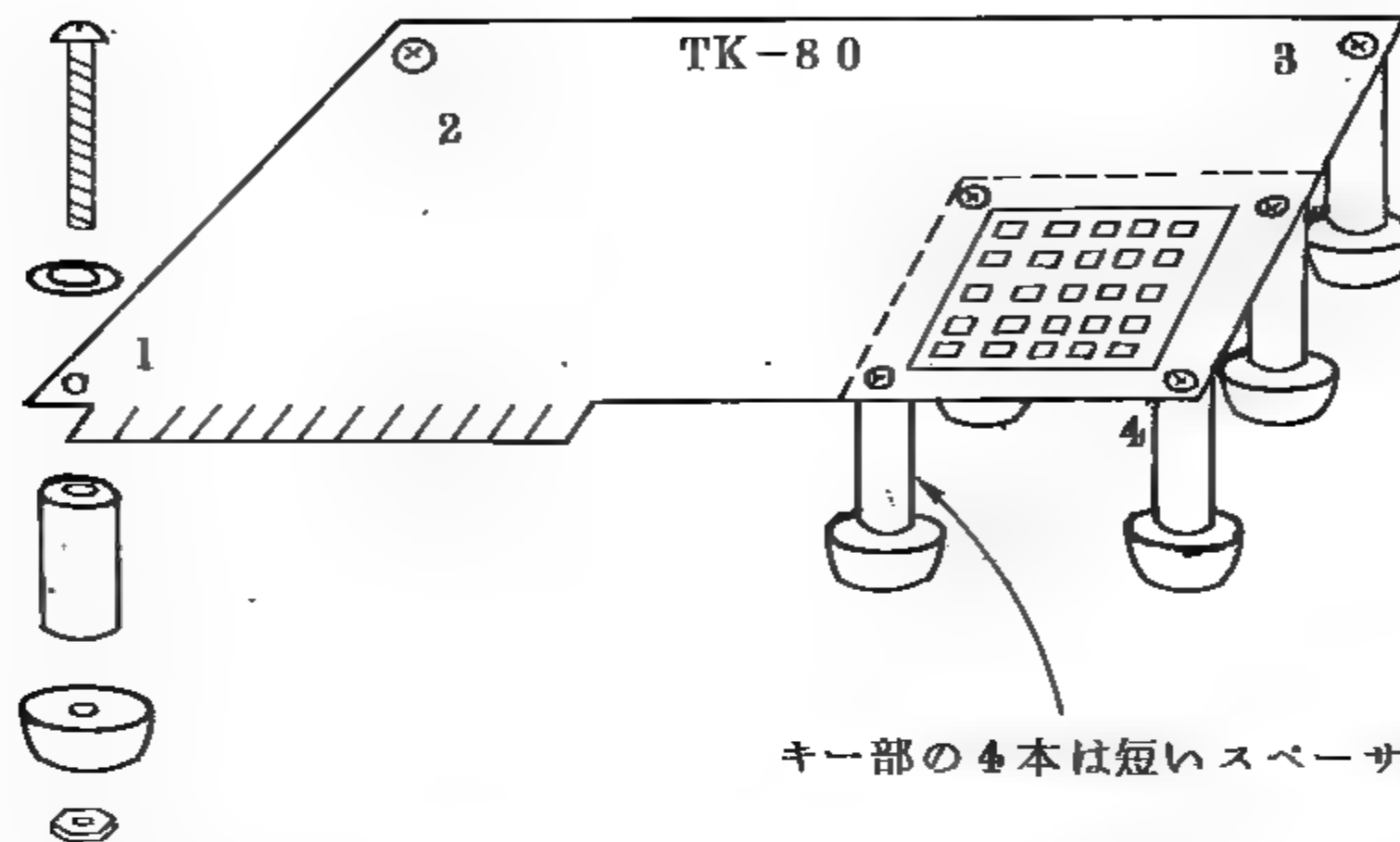
2.5 組み立て

2.5.1 スペーサとアルミ・ボードの取り付け

プリント・ボードの下面にスペーサとキー取り付け用アルミ・ボードを取り付けます。

キーはまだ取り付けないでください。

図2-4 スペーサとアルミ・ボードの取り付け




2.5.2 抵抗器の取り付け

抵抗はプリント・ボード上では、(a)のように白い線で表示されていますので、(b)のように白い線の両端の穴に取り付けてください。

また、(c)のように線の途中に穴がある場合は無視して、(d)のようにやはり両端の穴に取り付けてください。

抵抗は全部で66個あります。R1から順にR66まで表2-1に示す値に応じて取り付けてください。

プリント・ボード上の取り付け位置は、付図(I)を参考にしてください。

取り付けの終わった部分は色鉛筆で、のように塗りつぶしておくとう間違いがありません。

R15

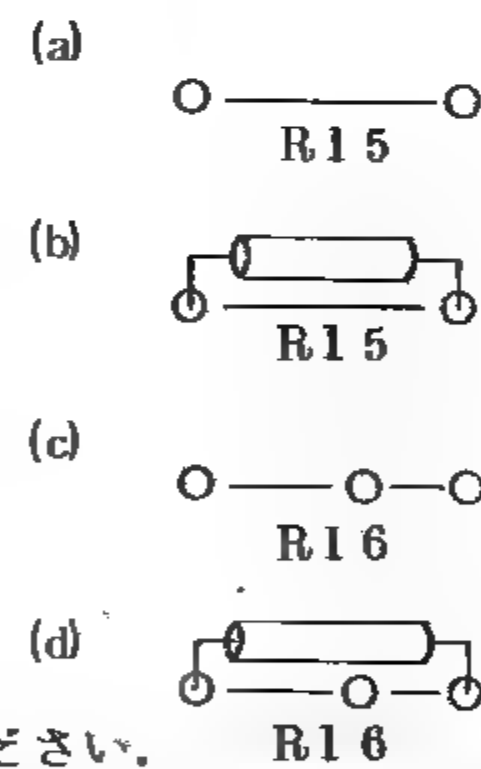
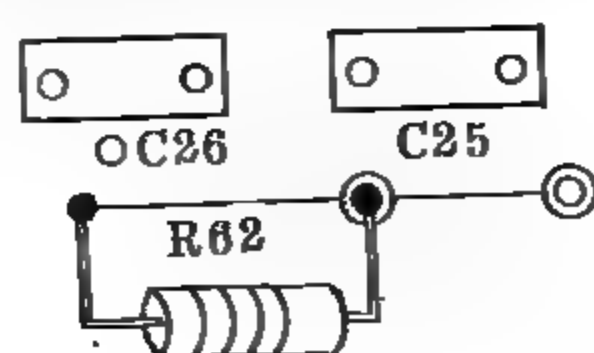


表2-1 抵抗器部品表

番号	抵抗値	カラーコード	番号	抵抗値	カラーコード
R 1	5.1 K Ω	緑・茶・赤	R 34	33 K Ω	橙・橙・橙
2	10 K Ω	茶・黒・橙	35	33 K Ω	"
3	5.1 K Ω		36	33 K Ω	"
4	10 K Ω		37	33 K Ω	"
5	5.1 K Ω		38	33 K Ω	"
6	10 K Ω		39	33 K Ω	"
7	5.1 K Ω		40	33 K Ω	"
8	10 K Ω		41	33 K Ω	"
9	5.1 K Ω		42	15 K Ω	茶・緑・橙
10	10 K Ω		43	15 K Ω	"
11	5.1 K Ω		44	15 K Ω	"
12	10 K Ω		45	15 K Ω	"
13	5.1 K Ω		46	15 K Ω	"
14	10 K Ω		47	15 K Ω	"
15	5.1 K Ω		48	15 K Ω	"
16	10 K Ω		49	15 K Ω	"
17	1 K Ω	茶・黒・赤	50	1 K Ω	茶・黒・赤
18	51 Ω	緑・茶・黒	51	51 K Ω	緑・茶・橙
19	51 Ω	"	52	1 K Ω	茶・黒・赤
20	51 Ω	"	53	1 K Ω	"
21	51 Ω	"	54	51 K Ω	緑・茶・橙
22	51 Ω	"	55	1 K Ω	茶・黒・赤
23	51 Ω	"	56	1 K Ω	"
24	51 Ω	"	57	1 K Ω	"
25	51 Ω	"	58	1 K Ω	"
26	1 K Ω	茶・黒・赤	59	1 K Ω	"
27	1 K Ω	"	60	1 K Ω	"
28	1 K Ω	"	61	1 K Ω	"
29	1 K Ω	"	* 62	1 K Ω	"
30	1 K Ω	"	63	1 K Ω	"
31	1 K Ω	"	64	1 K Ω	"
32	1 K Ω	"	65	1 K Ω	"
33	1 K Ω	"	66	1 K Ω	"

備考 抵抗器はすべて $\frac{1}{4}W$ ，許容差 $\pm 10\%$ です。

* R62の取り付け位置は下図のようになります。間違わないよう注意してください。



カラーコードはどのように憶えると忘れません。



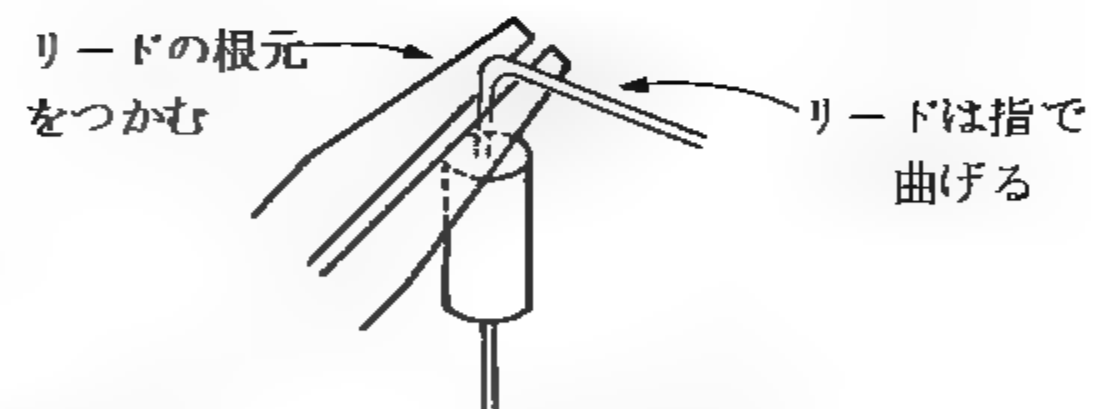
0	黒	くろい	レイふく
1	茶	ちゃを	イッぱい
2	赤	あかい	ニンじん
3	橙	だい	サンシャ
4	黄	き	シけいこ
5	緑	みどり	ゴ
6	青	あおに	さいのロクでなし
7	紫	むらさき	シチぶ
8	灰	はい	ヤー
9	白	ほわい	とクリすます

2. 5. 3 ダイオードの取り付け

表2-2 ダイオード

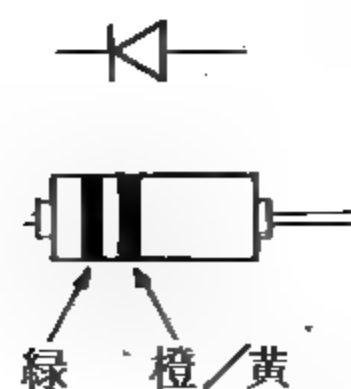
番 号	品 名	規 格
D 1	ゲルマニウム・ダイオード	SD 13
2	#	#
3	シリコン・ダイオード	1S953/954
4	ゲルマニウム・ダイオード	SD 13
5	#	#
6	シリコン・ダイオード	1S953/954

ダイオードはすべてガラス封入タイプですので、リード線を曲げる時、ガラスに力が加わらないように注意してください。

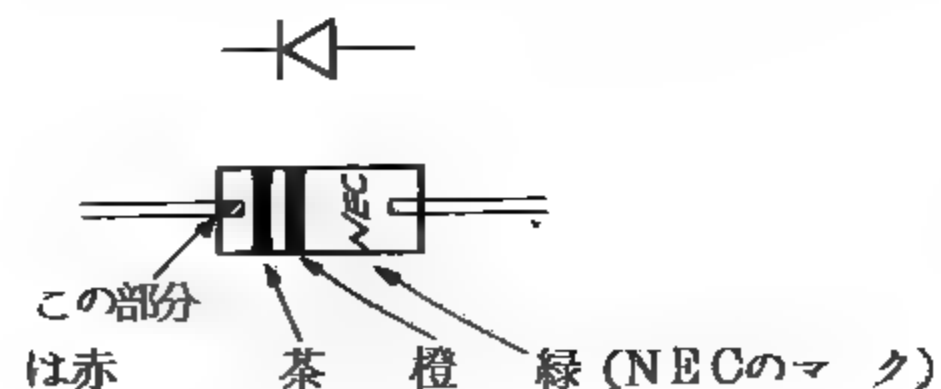


ダイオードには図2-5のように、品名を示す2桁のカラーコードが付いています。極性はこのカラーコードの付いている方がカソード側ですので、間違わないように取り付けてください。

図2-5 ダイオードの品名および極性表示



1S953/954の表示



SD13の表示

2. 5. 4 コンデンサの取り付け

コンデンサは全部で39個あります。その内C1, C2, C3, C6は回路の動作上、絶対必要なものであり、それ以外は電源のバイパス・コンデンサとして使われます。

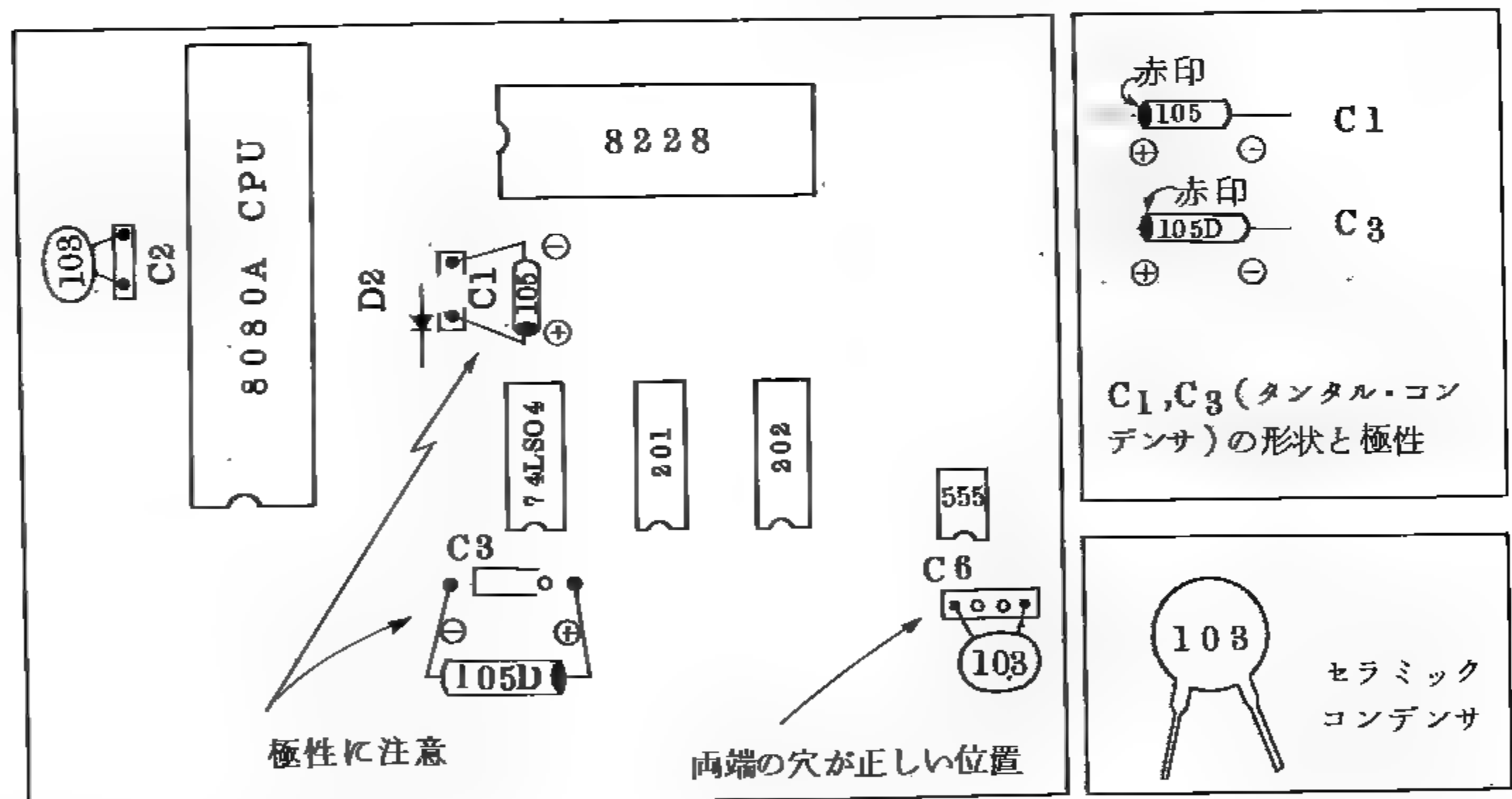
C1, C2, C3, C6を最初に取り付ければ確実です。

表2-3 最初に取り付けるコンデンサ

番 号	品 名	規 格
C1	タンタル・コンデンサ	1 μ F 15 WV
2	セラミック・コンデンサ	0.01 μ F 25 WV
3	タンタル・コンデンサ	1 μ F 15 WV
6	セラミック・コンデンサ	0.01 μ F 25 WV

注 C1, C3はタンタル・コンデンサで有極性ですので、プリント基板上には図2-6の極性となるように取り付けてください。

図2-6 C1, C3の取り付け方向



次にC37, C38, C39を取り付けます。この3つもタンタル・コンデンサですので極性には十分注意してください。

プリント基板上には、 \ominus または \oplus のマークが付いていますので、 \oplus または $+$ マークの付いている方にプラス側を接続してください。

表2-4 極性に注意するコンデンサ

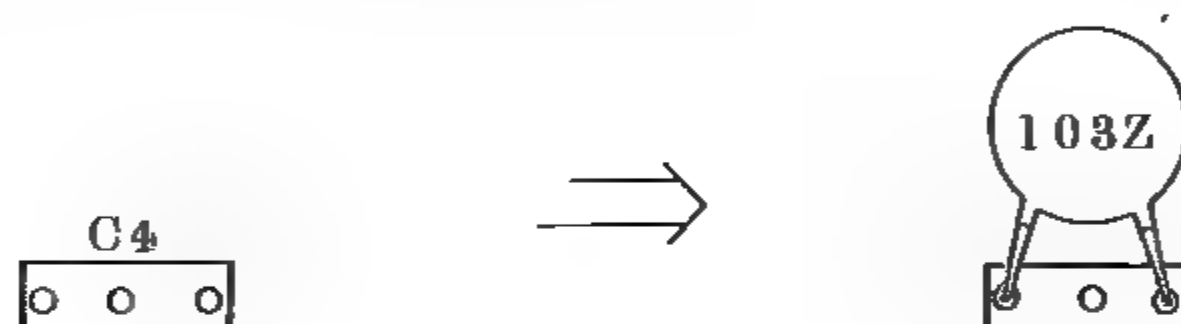
番 号	品 名	規 格
C1	タンタル・コンデンサ	1 μ F 15 WV
3	" "	1 μ F 15 WV
37	" "	22 μ F 15 WV
38	" "	10 μ F 25 WV
39	" "	22 μ F 15 WV

最後にC4, C5, C7~C36を取り付けます。これらはすべて電源バイパス用コンデンサです。極性はありません。

表2-5 バイパス用コンデンサ

番 号	品 名	規 格
C4	セラミック・コンデンサ	0.01 μ F 50WV
5	" "	0.01 μ F 50WV
7~36	" "	0.01 μ F 50WV

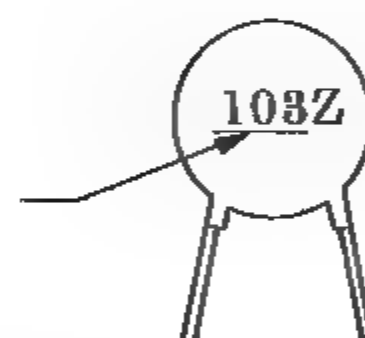
コンデンサの取り付け位置を示す記号で、マークの中に2個以上の穴がある場合は、両端の2つの穴が正しい取り付け穴です。



*セラミック・コンデンサの形状

103は、 10×10^3 PF

すなわち0.01 μ Fを示します。



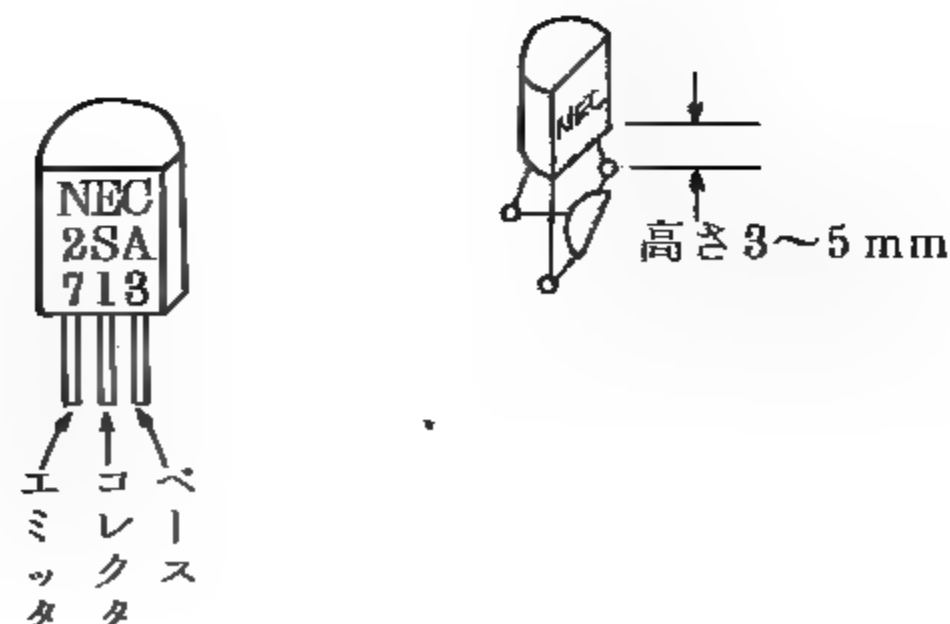
2. 5. 5 トランジスタの取り付け

トランジスタはLEDのドライブ用に8個使用します。プリント基板には $\text{—}\text{D}$ のようにマークされていますので、真上から見てマークとトランジスタの外形が一致するように取り付けてください。

表2-6 トランジスタ

番 号	品 名	規 格
TR1~8	PNP ダーリントン・トランジスタ	2SA713

取り付けの高さは低い方が安定して良いのですが、リードを無理に変形させない程度(3mm位)としてください。



2. 5. 6 LEDの取り付け

LEDは8個あります。それぞれ位置がずれないように、同じ高さに取り付けてください。

表2-7 LED.

番 号	品 名	規 格
LED1~8	7セグメントLED	SN713A

図2-7 LEDの取り付け方

○正しい取り付け方向



×誤った取り付け方向



小数点が下側（トランジスタの並ぶ側）となるように取り付けます。

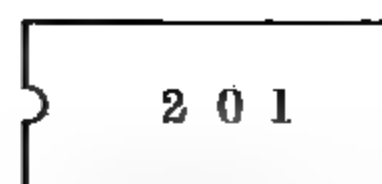
2. 5. 7 ICの取り付け

ソケットを使用しないICは、プリント基板に直接ハンダ付けします。

表2-8 ハンダ付けするIC

番 号	品 名	機 能
IC 1	SN74LS04	Hex Inverter
2	μPB 201 (7400)	Quad 2-Input NAND
3	μPB 214 (7474)	Dual D Flip-Flop
4	μPB 202 (7410)	Tripp 3-Input NAND
5	μPB 215 (7401)	Quad 2-Input NAND O/C
6	μPB 223 (7493A)	4 Bit Binary Counter
7	μPB 2155 (74155)	Dual 2-4 Decoder
8	μPB 2155 (74155)	"
9	SN74LS04	Hex Inverter
10	μPB 238 (7438)	Quad 2-Input NAND Buffer O/C
11	μPB 238 (7438)	"
28	μPB 8212	8-Bit I/O Port
29	NE 555	Timer

プリント基板上のIC取り付け位置は、右図のようにマークされていますので、その番号と同じ品名のICを取り付けてください。またICパッケージの“くぼみ”の方向もマークと一致するように注意してください（・印は1ピンの位置を示します）。



ICおよびLEDの取り付け方向は、絶対に間違わないよう注意してください。

注 各ICは最初に対角線上の2ピンだけをハンダ付けして、もう一度間違っ取り付けていないか念を入れて確認し、その後で全部のピンをハンダ付けしてください。全ピン、ハンダ付け終了後ではきれいに取り外す事はまず期待できないと考えてください。

もし間違っ取り付けていることがわかった場合は、ハンダ付けしたピンのハンダを完全に吸い取ってから軽くこじめるようにして抜き取ってください。

ハンダを吸い取るためには、平編線にフラックスをしみ込ませたものが“SOLDER TAUL”の商品名で市販されていますので利用すると便利です。これを使ってきれいにハンダを吸い取るコツは、いつも編み線の新しい部分を使用し、ハンダがにじんできた部分はどんどん捨てていくことです。この方法は毛細管現象を利用して溶けたハンダを編み線に吸い込むもので、ハンダ除去の方法としては非常にすぐれています。

2. 5. 8 ICソケットの取り付け

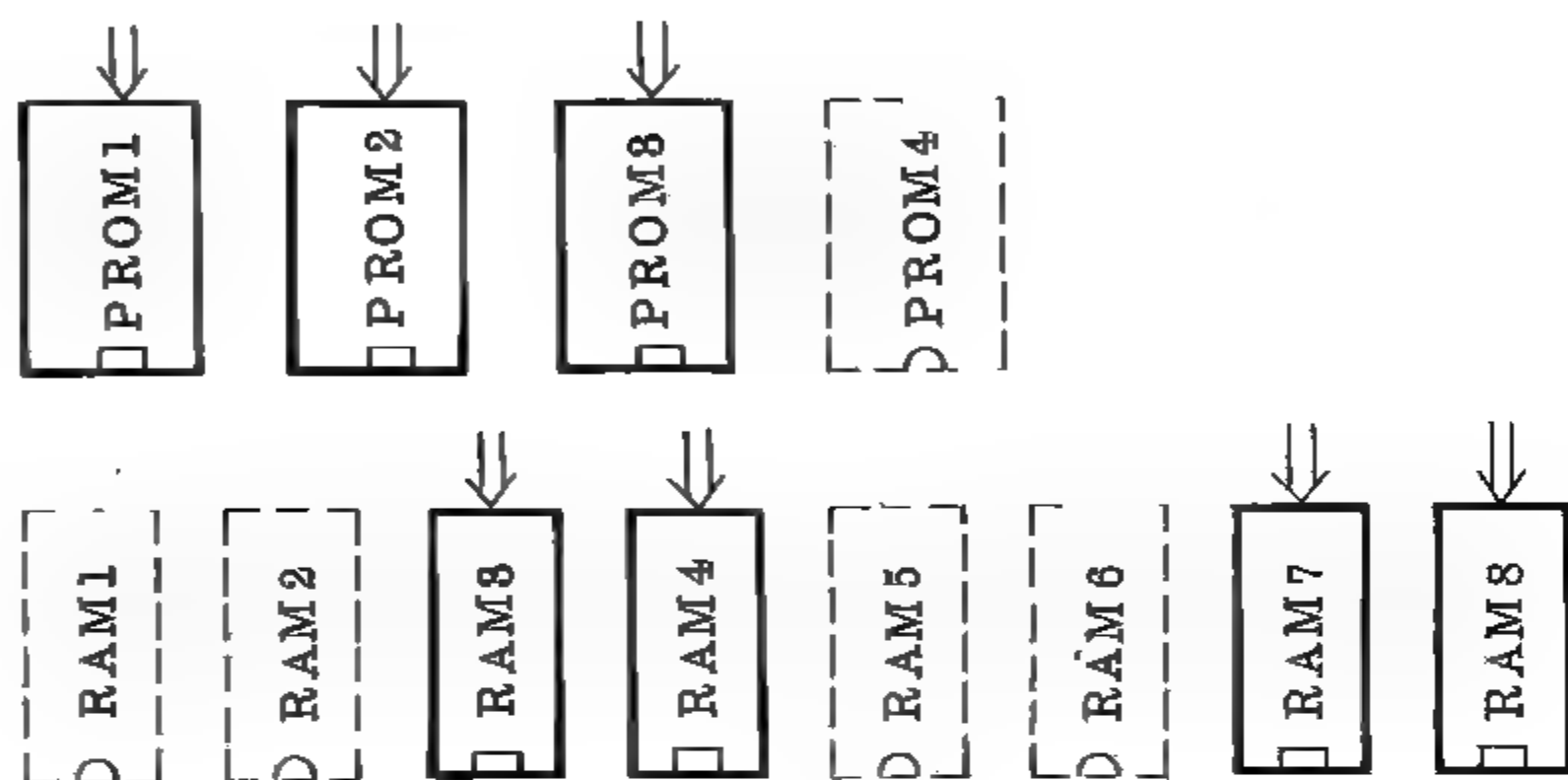
・ICソケットは11個使用します。

表2-9 ICソケット

ピン数	使用するIC
40ピン	μ PD8080A
40ピン	μ PD8255
28ピン	μ PB8228
24ピン	μ PD454 PROM1
24ピン	μ PD454 PROM2
24ピン	μ PD454 PROM3
22ピン	μ PD5101 RAM3
22ピン	μ PD5101 RAM4
22ピン	μ PD5101 RAM7
22ピン	μ PD5101 RAM8
16ピン	μ PB8224

ソケットのくぼみのある方向と、プリント基板上のICマークのくぼみとを合わせて取り付けてください。最初に対角線上の2ピン（例えば1, 40ピン）をハンダ付けし、取り付けがゆがんでいないことを確かめてから、残りのピンを順番にハンダ付けしてください。

注意 24ピン・ソケット3個は、PROM1, 2, 3の指定位置に、また22ピン・ソケット4個はRAM3, 4, 7, 8の指定位置に取り付けてください。



ICソケットとプリント基板との間にハンダが誤って入ってしまうと、ピン間のショートの原因となりやすく、しかも目視で見つけにくいものですから、くれぐれも注意してください。

ICソケットのピン間隔（ピッチ）は2.54mm（0.1インチ）と狭いので、できるだけ細かいハンダ線を使用し、ハンダを盛り過ぎないようにしてください。

キットに含まれているICソケットはすべてハンダ・ディップ用で足の短いものです。このため、動作時にLSIの各端子での波形を観測する必要がある場合は、あらかじめラッピング・タイプのICソケットを取り付けておく方が便利です。ソケットの足が長いのでクリップなどによる信号線の引き出しが容易となります。

2. 5. 9 水晶振動子の取り付け

水晶振動子は右図のようにリード線を曲げて取り付けます。

この振動子のケースはHC18/Uタイプと呼ばれる小型のもので、通常の利用状態ではリード線による支持だけで充分ですが、振動の多い状況での利用では、プリント基板に接着してしまうことをおすすめします。

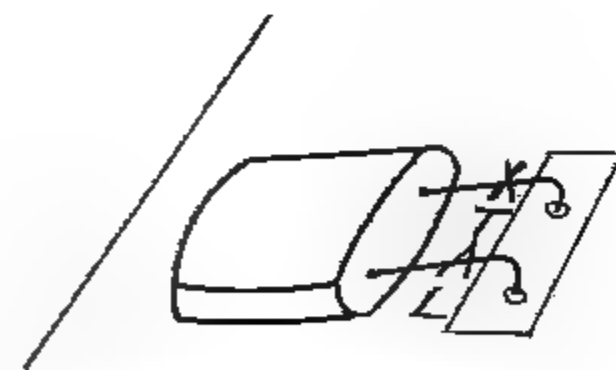


表2-10 水晶振動子

品 名	規 格
X T A L	基本発振モード 18.432 MHz *

* 振動子のケースには周波数が刻印されていませんが、正確に18.432 MHzで発振するものを出荷しております。

2. 5. 10 トグル・スイッチの取り付け

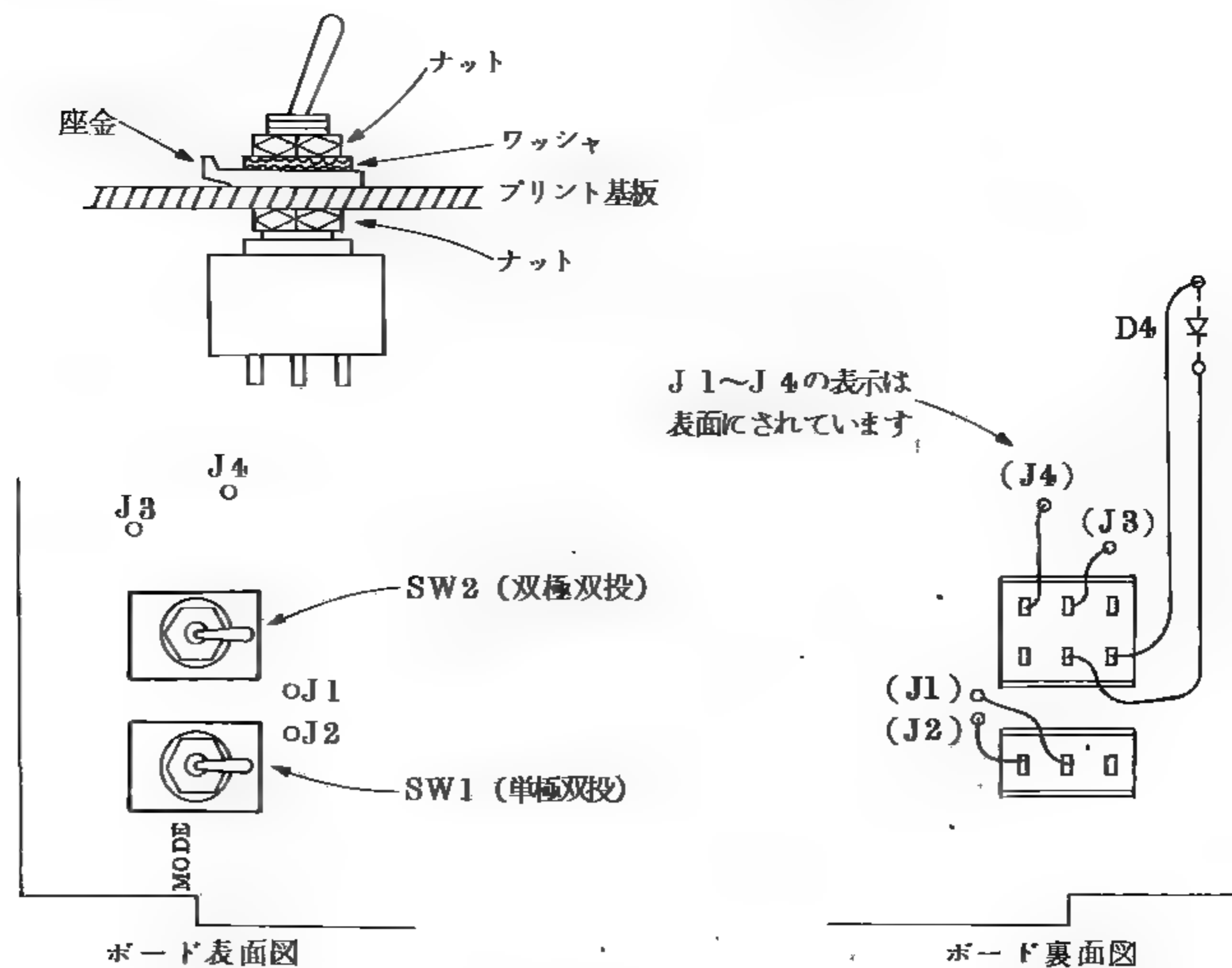
トグル・スイッチは2個取り付けます。

図2-8の取付け図のように取り付け、配線（ビニル線）は裏面で配線図通り行ってください。

表2-11 トグル・スイッチ

番 号	品 名	規 格
SW 1 2	トグル・スイッチ	単極双投 双極双投

図2-8 トグル・スイッチの取り付け



2. 5. 11 キー・スイッチの取り付けおよび配線

表 2-12 キー・スイッチおよび取り付け用部品

品 名	個 数	規 格
キー・スイッチ	25	メカニカル接点型
アルミ・ボード	1	キー取付け板
文字シール	1	キー用文字
スズメッキ線	2 m	共通ライン配線用
ビニル線	1 m	キー→プリント・ボード配線用
エンパイア・チューブ	1 m	メッキ線用カバー

(1) キー・スイッチの取り付け

キー・スイッチは25個あります。キーは1個ずつの独立型ですので、取付け用アルミ・ボードに取り付けて使用します。キーの文字は付属の文字シールをはがし、キーの透明キャップをはずして貼り付けてください。

キー・スイッチの取り付けは、写真2-2、図2-9、図2-10を参照して行ってください。

各キーの端子の方向は、図2-9の裏面配置図に従って配置すると配線が楽です。文字シールは配線を行う前に貼りつけてください（キーが並んでしまうとキャップが取りはずせなくなります）。

キーの並べ方はこの通りにしてください（上より見た図）。

写真2-2 キー配置

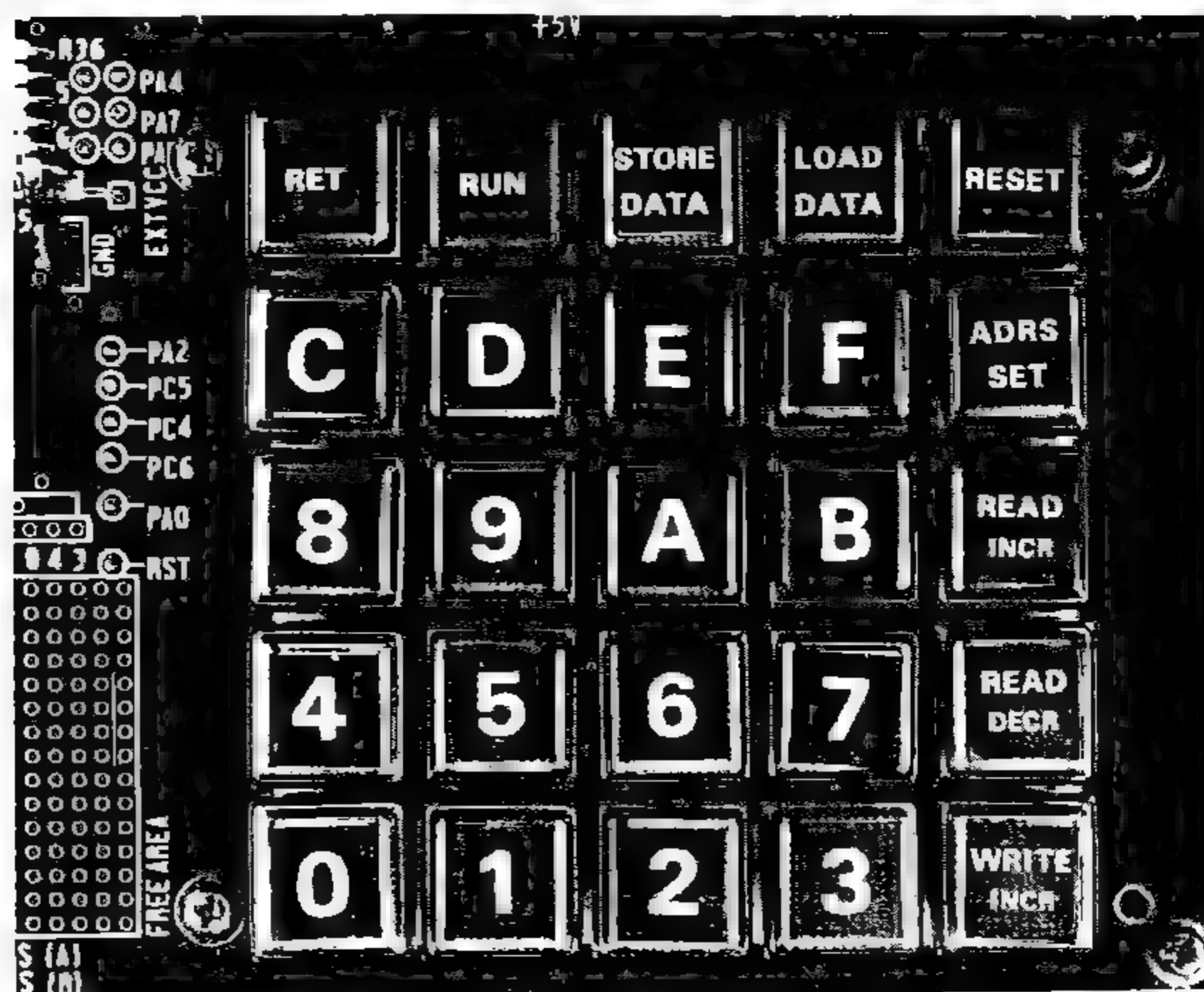


図 2-9 キー配置図 (裏面)

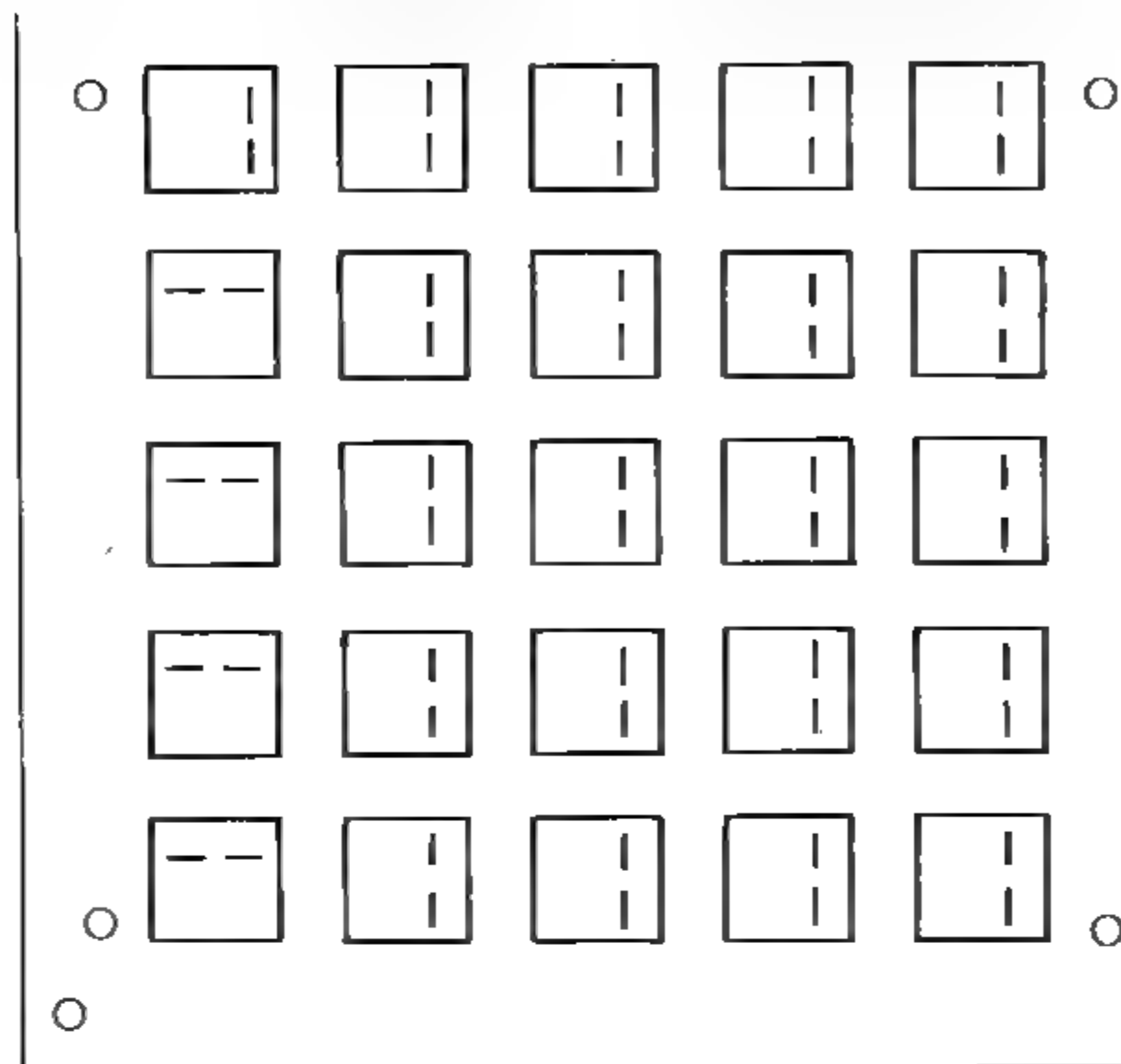
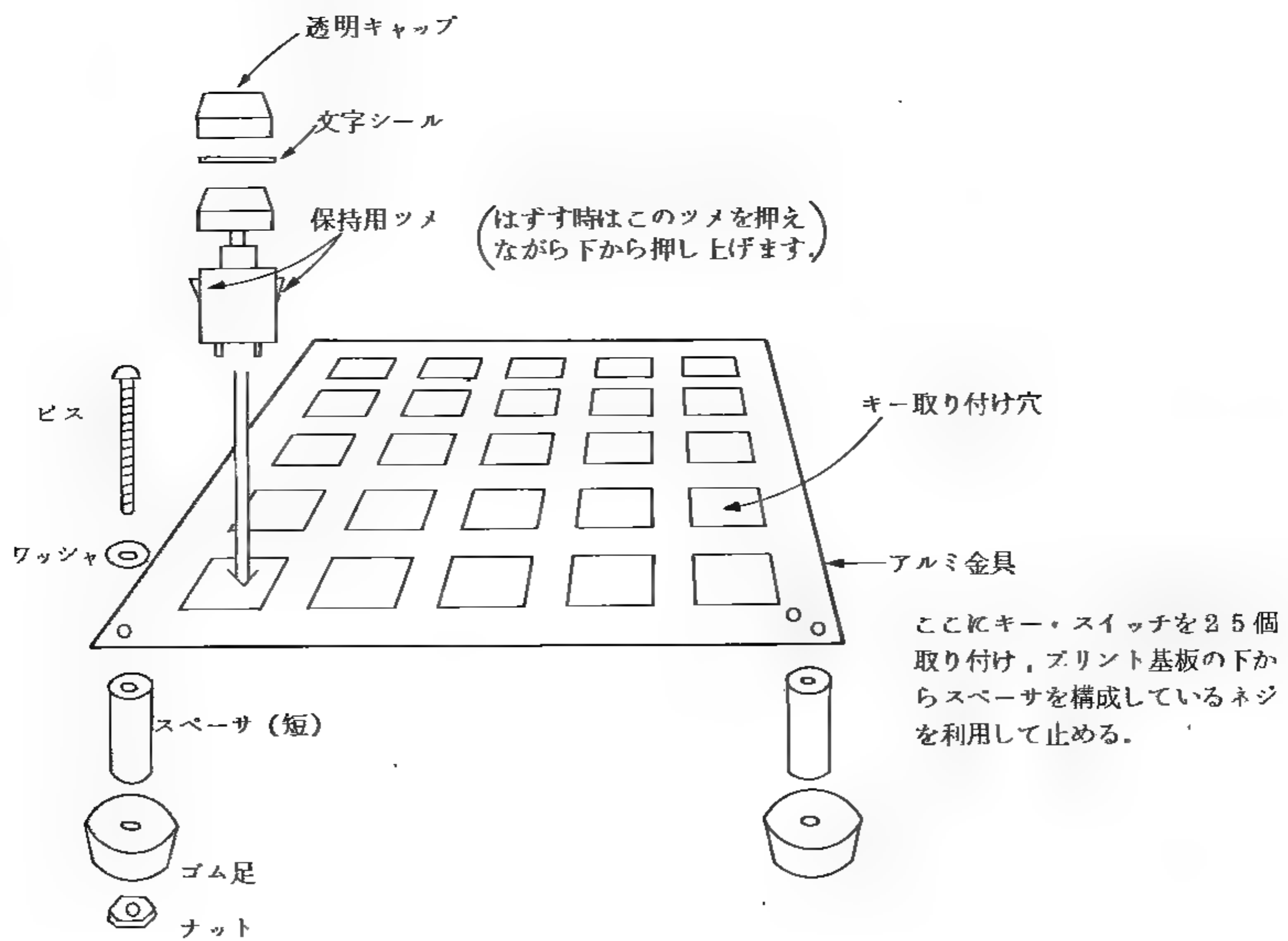


図 2-10 キーの取り付け方法

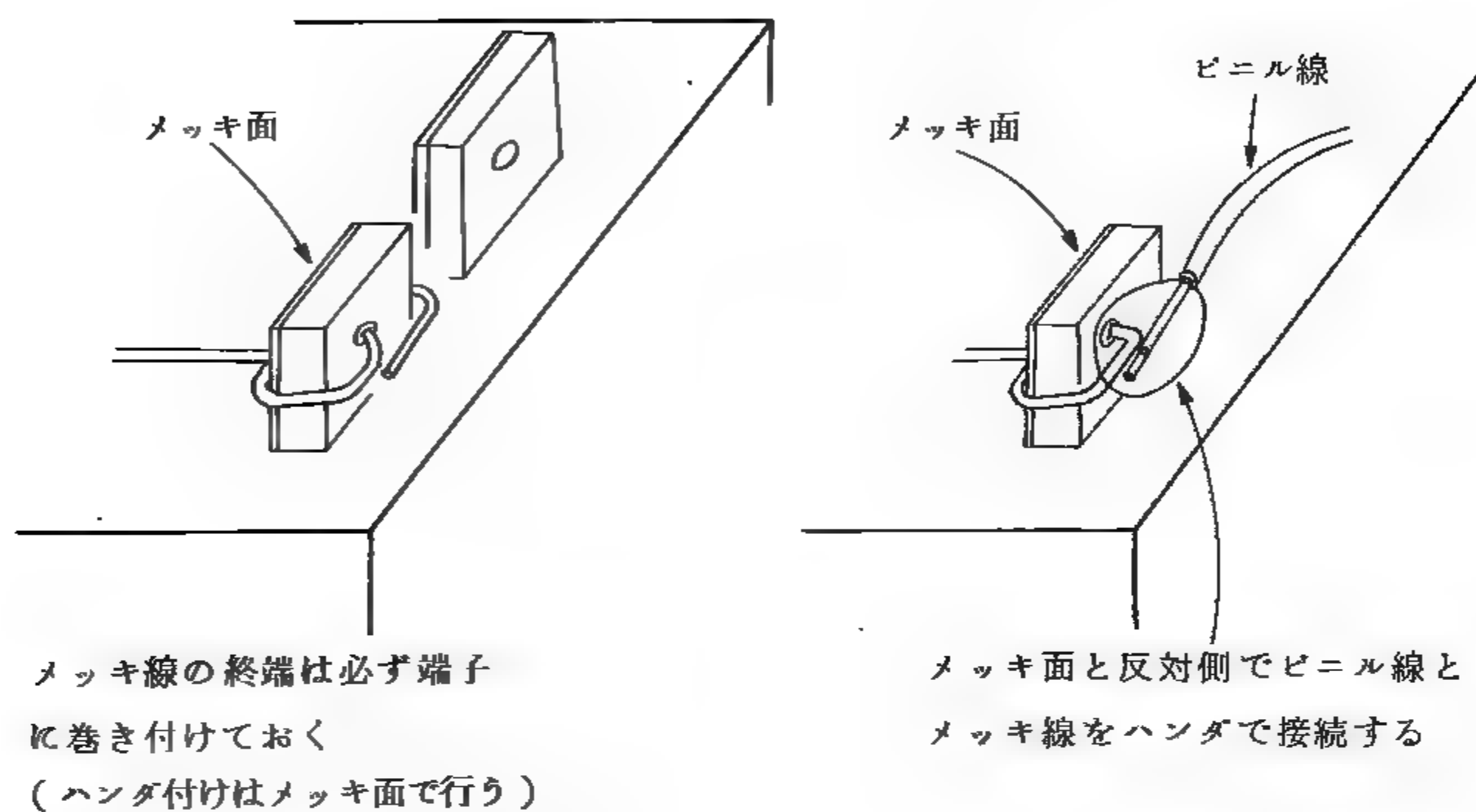


(2) キー・スイッチの配線

キーの配線はキットに含まれるスズメッキ線とビニル線を使用し、図2-11および図2-12に従って行います。

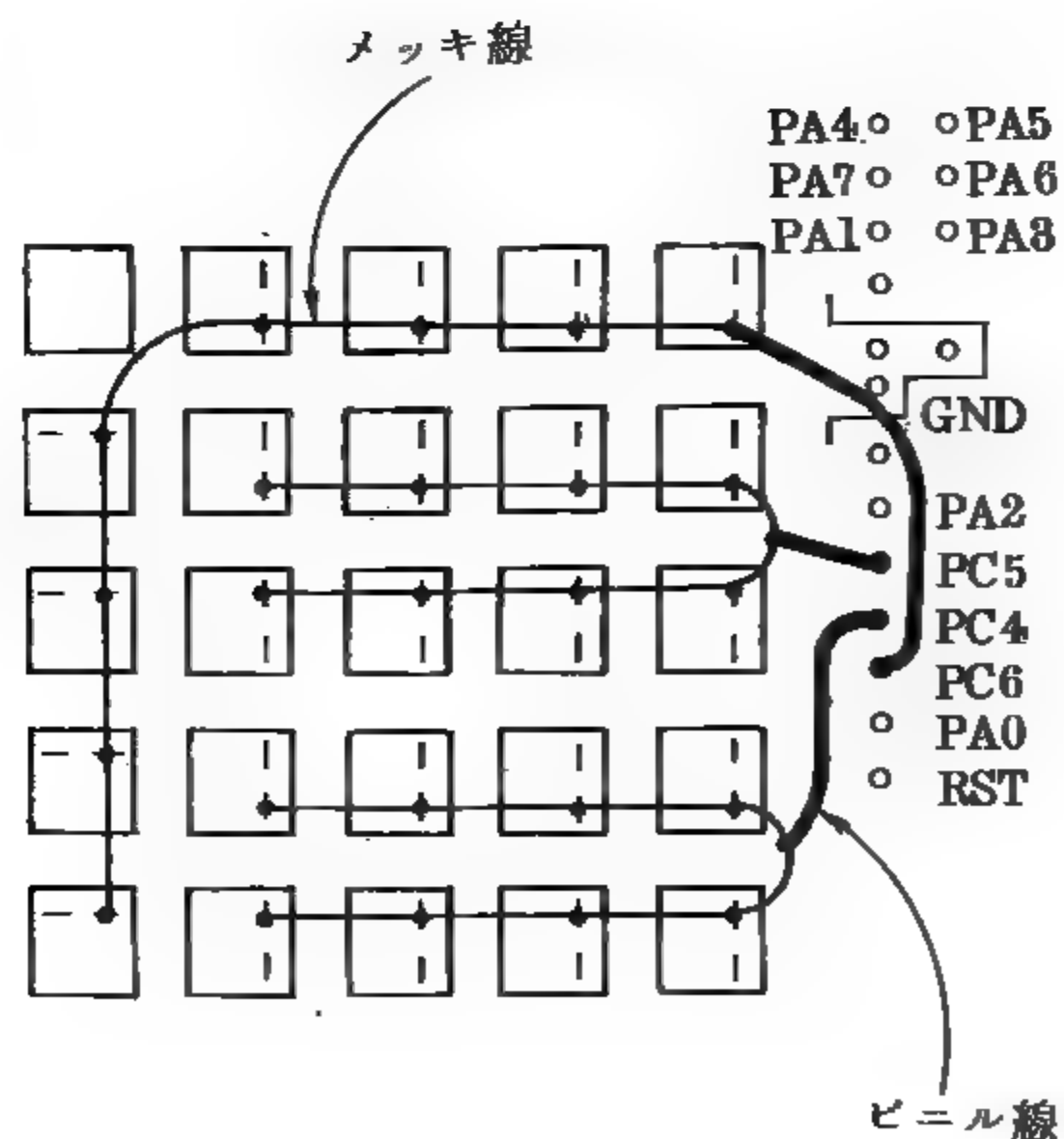
メッキ線の交叉する箇所にはエンパイア・チューブをかぶせてください。

図2-11 キー・スイッチの端子配線



メッキ面の引張りに対する強度はそれ程大きくありませんので、メッキ面に直接引き出し線をハンダ付けすることは避けてください。

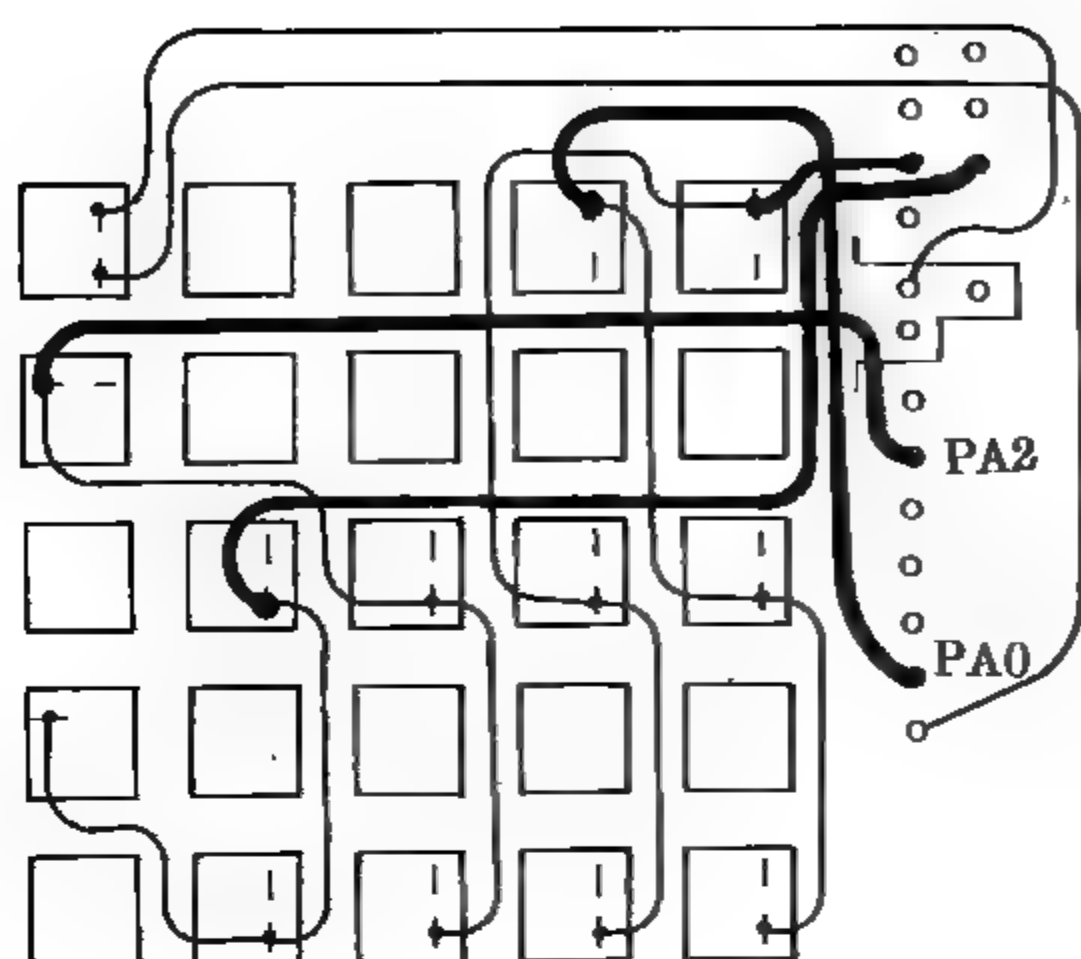
図2-12 キー・スイッチの配線（裏面）



①裏面より見てキーの端子の並びを図のようになる。

②メッキ線の共通ライン（それぞれ8個の端子を通る）を端子の穴を貫いてつくる。

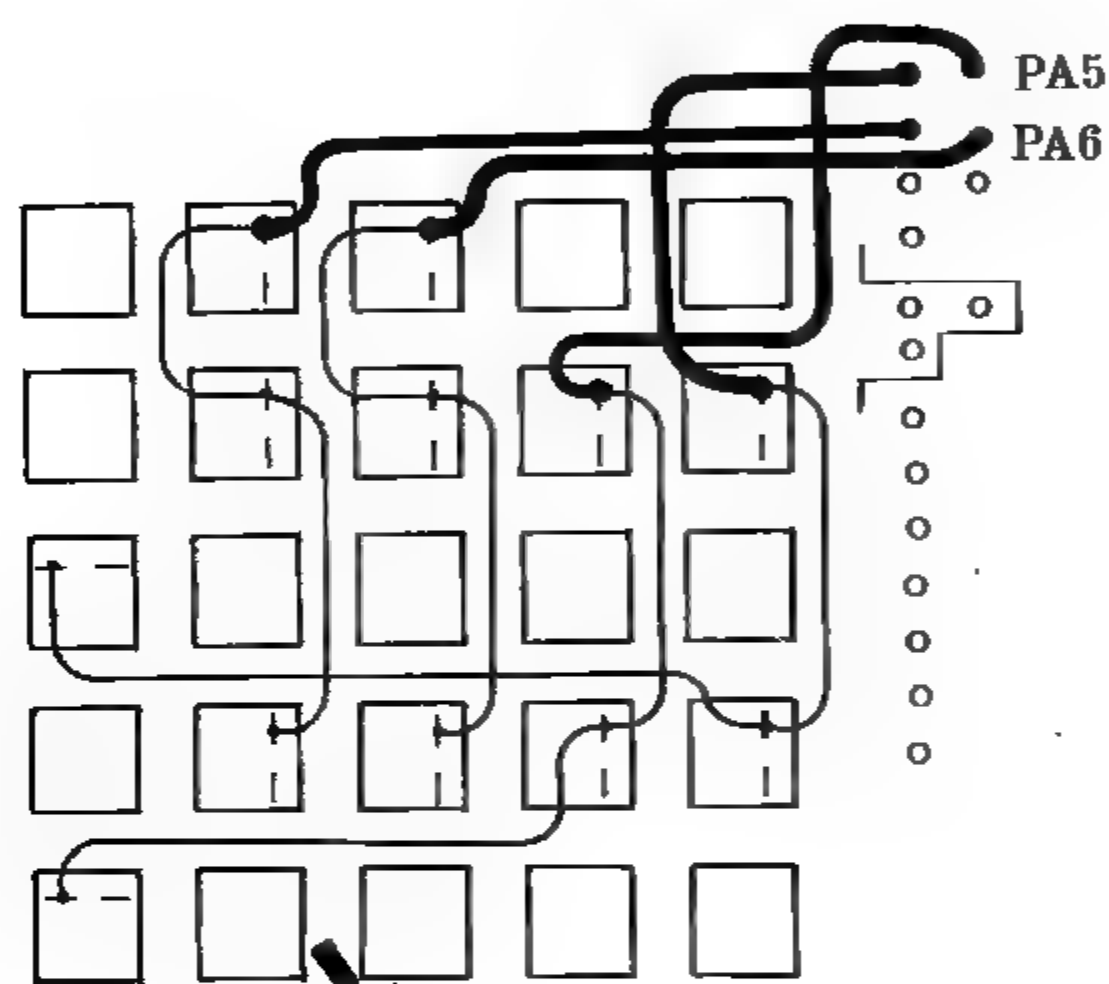
③3本の共通ラインをそれぞれPC4, PC5, PC6へビニル線で接続する。



④同様に共通ラインを4本のメッキ線で作る。

⑤その先端をそれぞれPA0, PA1, PA2, PA3へビニル線で接続する。

⑥RESETキーの2本はそれぞれメッキ線(チューブをかぶせる)でRST, GNDへ接続する。



⑦更に4本の共通ラインをメッキ線で作る。

⑧その先端をそれぞれPA4, PA5, PA6, PA7へビニル線で接続する。

2.6 検査

ハンダ付け作業が完了すると、ICソケットにICを取り付ける前に配線の状態を目視で検査します。

特に注意すべき点は、“ハンダくず”や“ハンダ糸”によるパターン間のショートです。パターンの間隔は狭いので肉眼では見落とす恐れがあります。このような場合、拡大鏡があると便利です。

また、半導体部品を実装した後での検査では、導通試験器(例えば直接ブザーを鳴らすタイプ)の使用は避けてください。テストを使用することをおすすめします。

2.7 ICソケットへのICの実装

MOS ICは、静電気による異常な高圧が入力端子(ゲート)に加わりますと、破壊する恐れがありますので、注意して取り扱ってください。

静電破壊に対する対策の基本には次の3つが上げられます。

- (1) 静電気を発生させないこと

(2) 発生した静電気は逃がしてやること

(3) ICと接触する物体はあらかじめ同電位にしておくこと

(1)のためには静電気を発生しやすいものを身の回りに置かないことと、机の上をあらかじめ濡れ雑巾で拭いて置くと効果があります。(2)(3)のルールを守る簡単な方法は手で触れることです。例えばICをソケットに挿入する前に、ICとソケットの両方を手で触って置けば同電位になります。

ただし、人体自身が帯電しているとかえって悪影響をおよぼしますので、アースに対して少しでもリークしやすい物に触れてから行ってください。ジュータンの上をスリッパで歩いた後は、特にこの点に注意してください。

バックからMOS ICを抜き取る時は、必ずアルミ・シートに手で触れてからにしてください。またソケットに挿入する場合も、その前にソケットの足に手で触れてください。ソケットからMOS ICを抜いて他の場所へ置く場合には、置く場所（例えば銀紙の上）にまず手を触れてください。

静電気に対して万全を期したい方は、台所に行ってください。多分そこにはステンレスの流し台があると思います。

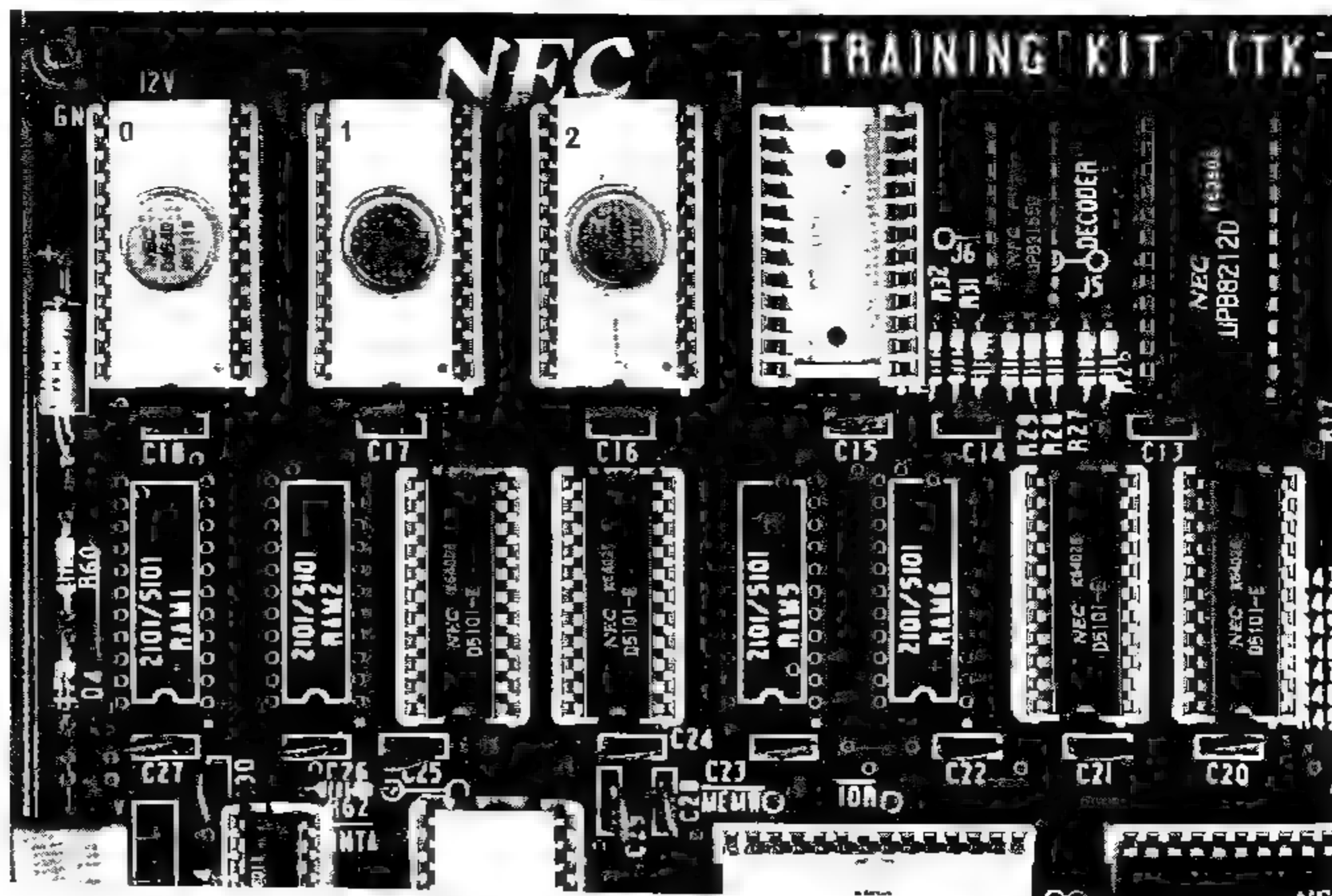
〔MOS ICの入力ゲートには過電圧に対する保護回路が入っていますので、一般的な注意事項を守っていれば普通は大丈夫ですが、上記の注意事項はいつも憶えておいてください。〕

上記の点を考慮しながら、指定されたソケットへそれぞれのICを挿入してください。

ICの方向はプリント基板に表示されていた通りの方向です。ICを挿入する場合には、少し差し込んだ状態で全てのピンが無理なく挿入されつつあることを確認してから押し込んでください。

PROM (454) 3個には品名とは別に、0, 1, 2のマークが付いていますので、それぞれPROM1, PROM2, PROM3の位置に取り付けてください。このPROMには基本的な動作を制御するモニタ・プログラムが分割して入っているため、正常な位置でないと動作しませんので注意してください。

写真2-3 PROM, RAMの実装

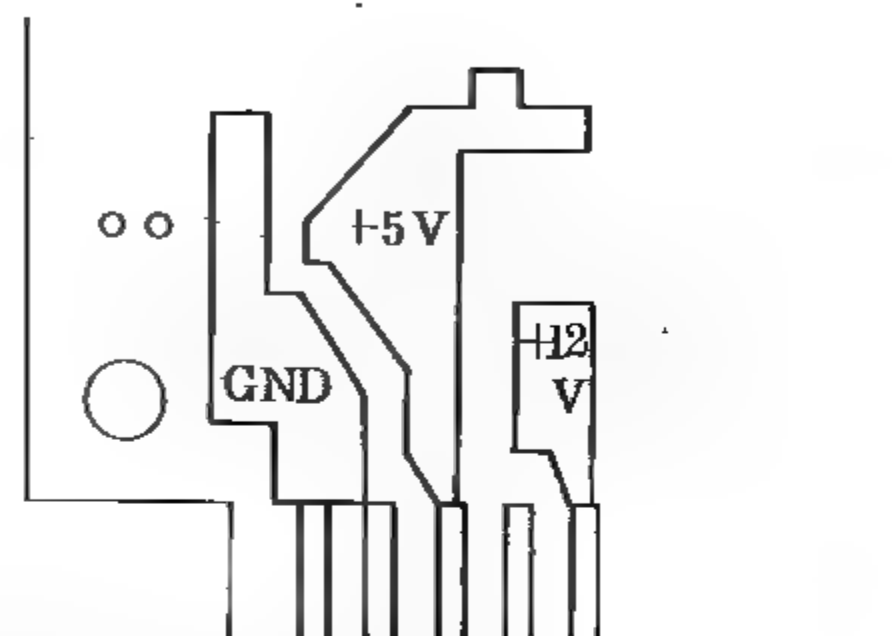


2.8 電源の取り付け

電源は外部から供給します。(1.5 電源に関する注意事項を参照して下さい)。プリント基板の GND, +5V, +12V 用のハンダ付けエリアから直接リード線を引き出すか、または付属のプリント基板用コネクタの該当する端子を利用して供給します。

端子配列は付図 I を参照して下さい。

必要な電源		
+5V	±5%	0.9A以上
+12V	±5%	150mA以上



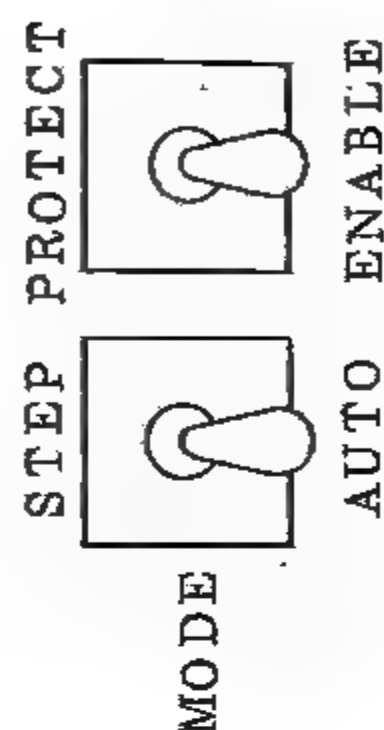
重要 電源は +5V → +12V の順に投入してください (同時であれば可)。

電源切断は逆に +12V → +5V の順に行ってください (同時であれば可)。

2.9 動作の確認

トグル・スイッチ 2 個はそれぞれ ENABLE, AUTO 側に倒しておきます。電源投入後, RESET キーを押して離せば, 8 桁の LED は 全桁ゼロ を表示します。LED が点灯しないか, てたらめな値しか表示しない場合は, 部品取り付けの再点検が必要です。

(スイッチの状態)



基本的な動作チェックを下に示す通りのキー操作で確認してください。LEDの表示の変化も示しておきます（××印は無視してください）。

キ一入力操作

LEDの表示

RESET				0000	0000
8	2	0	0	0000	8200
ADDR SET				8200	00XX
3	E	WRITE INCR		0201	3EXX
0	0	WRITE INCR		8202	00XX
3	C	WRITE INCR		8203	3LXX
C	3	WRITE INCR		8204	03XX
0	2	WRITE INCR		8205	02XX
8	2	WRITE INCR		8206	82XX
READ DECR				8205	XX82

READ
DECR

8204 18202

READ
DECR

8703 0203

READ
DECR

8202 0330

READ
DECR

8201 3000

READ
DECR

18200 0030

ここでMOD 切換用トグル・スイッチをSTEP側に倒し、続けてキーを押していきます。

RUN

8202 00XX

RET

8203 01XX

RET

8202 01XX

RET

8203 02XX

RET

8202 02XX

RET

8203 03XX

上記キー操作に従って、表示が正しく変化すれば、あなたの組み立てたキットはほぼ完全に動作しております。

2.10 トラブル対策

確認の結果、正常に動作していない場合には、次の点に注意してもう一度部品の取り付けに誤りがないかをチェックしてください。

- (1) ICは正しい位置に正しい方向で取り付けられているか
- (2) 抵抗、コンデンサも正しく取り付けられているか
- (3) ハンダでショートしている箇所がないか

LED表示が全然なされない場合には、すぐに電源を切って電源系統に異常がないかを調べてくだ

さい。1桁だけしか表示していない場合は、ICタイマ(555)とカウンタ(223)の回りをよく調べてください。

全桁表示はするがキー入力を行ってもその数値が表示されない場合は、CPUが正常に動作していないことが考えられます。

この時トランジスタラジオを近づけますと、正常に動作していれば雑音が入り、キーを押した状態と離れた状態では音色が異なるのがわかります。

μPD8080A

μPD8255

μPB8228

セントラル・プロセッサ・ユニット

プログラマブル周辺インタフェース

システムコントローラ・バスドライバ

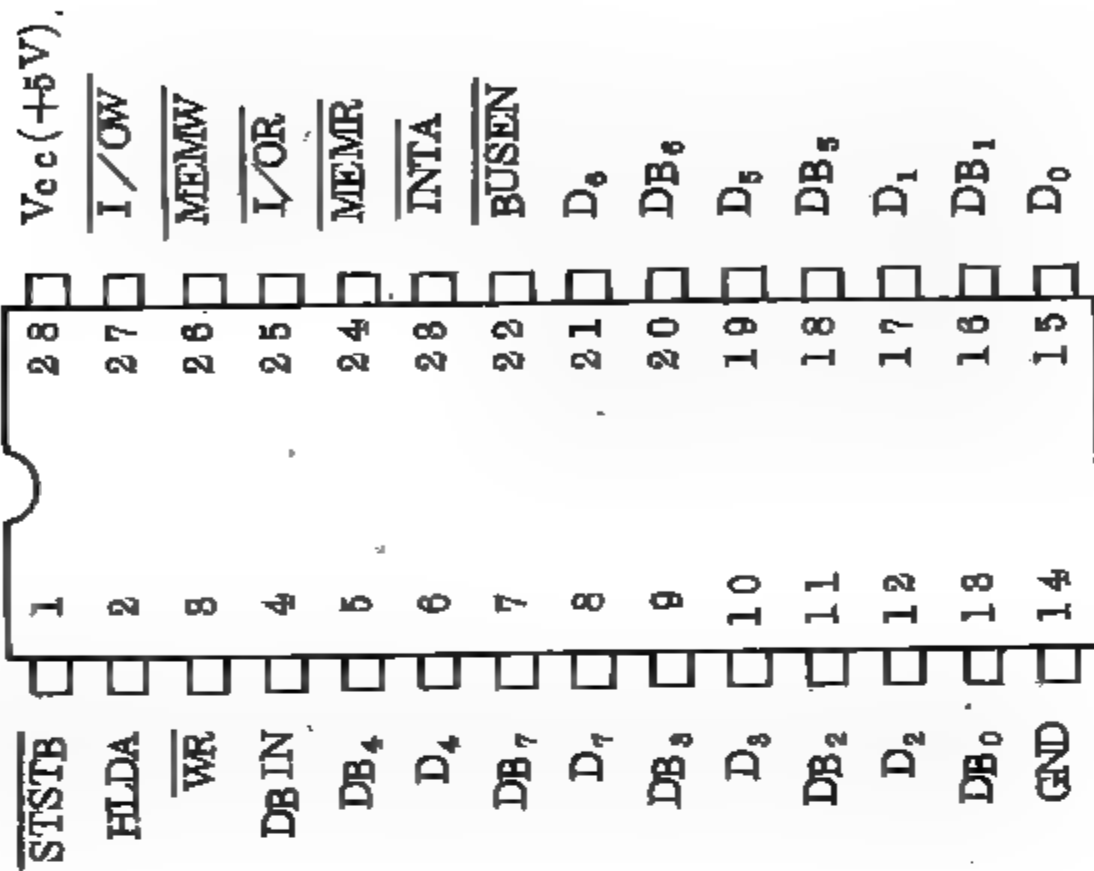
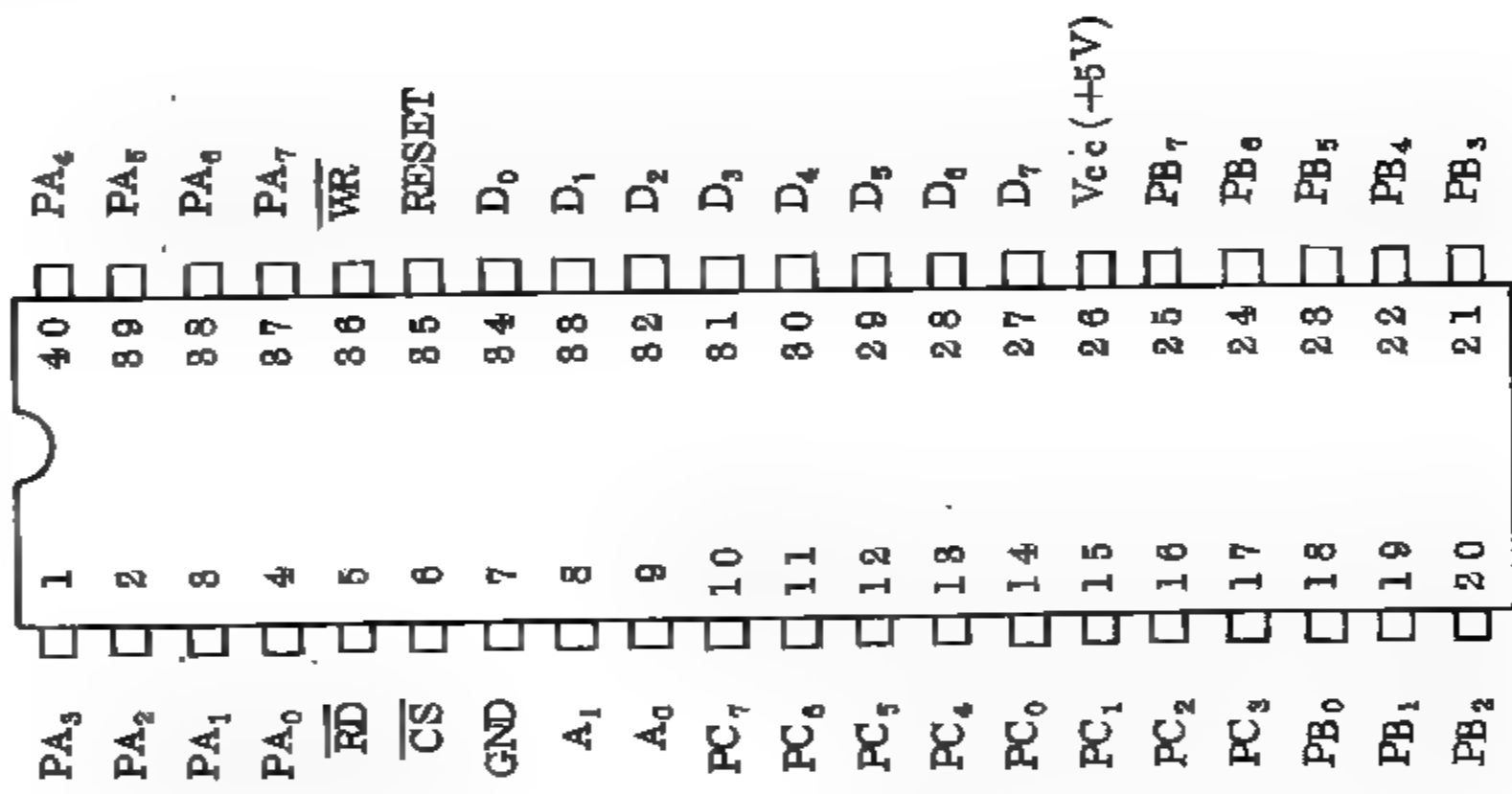
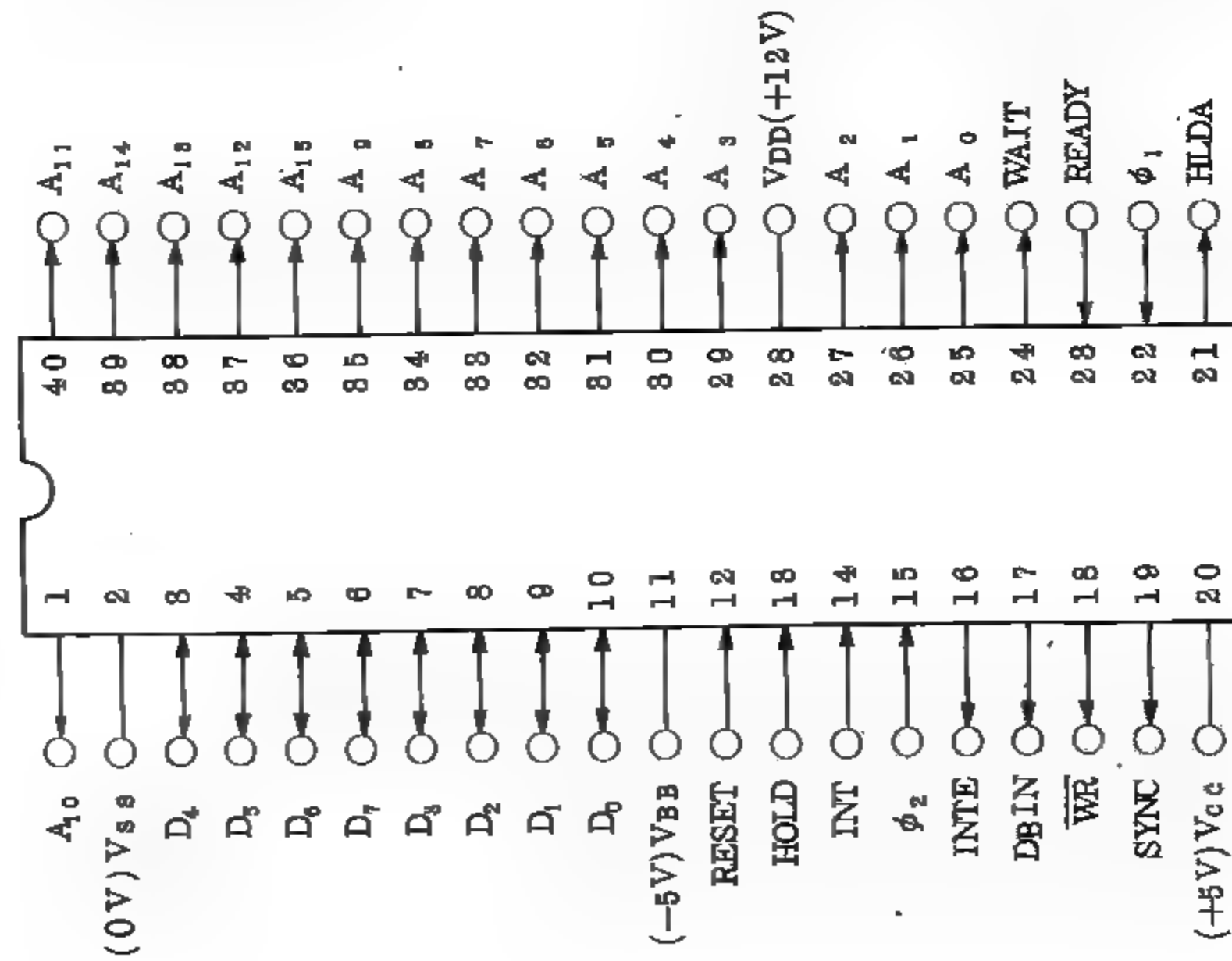


図2-13 LSI, ICピン配列一覧表

μPB8224

クロックジェネレータ・ドライバ

2128PB

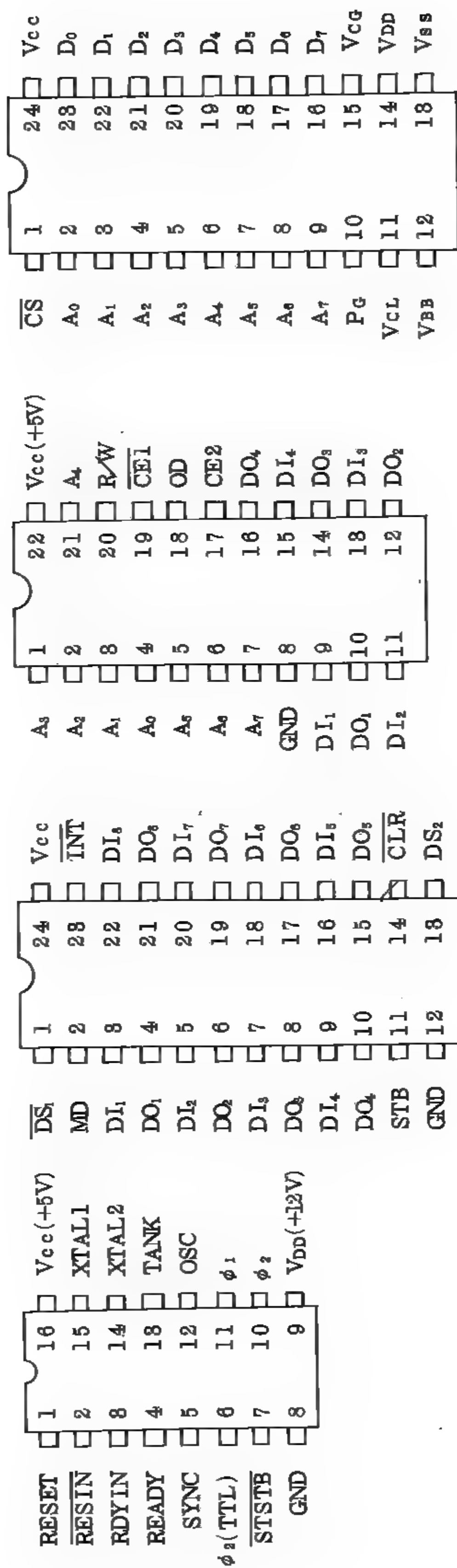
8250/I01-1

PD 5101

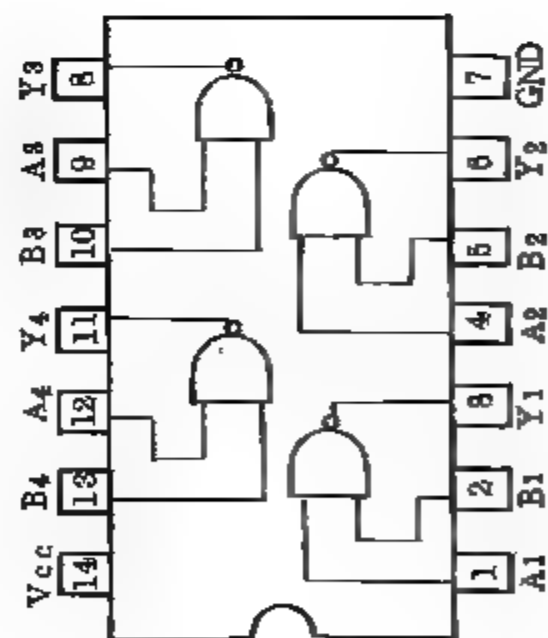
1024ビット・スタティックRAM

4PD454

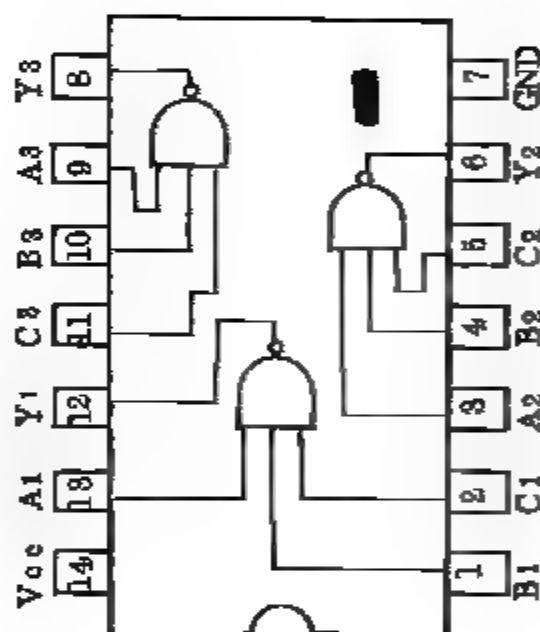
2048ビット EE PROM



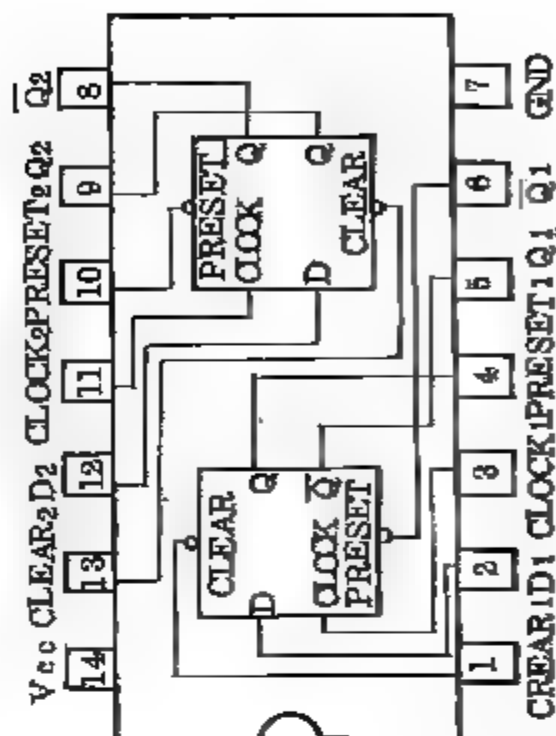
μPB201C/D(7400)



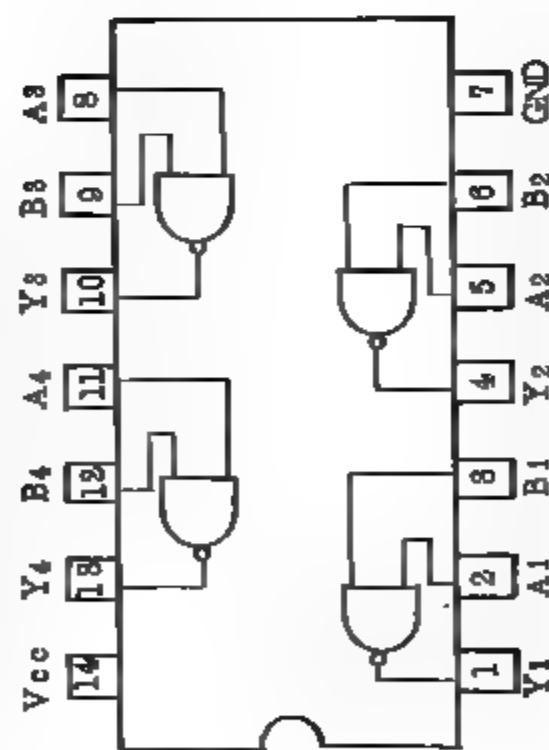
μPB202C/D(7410)



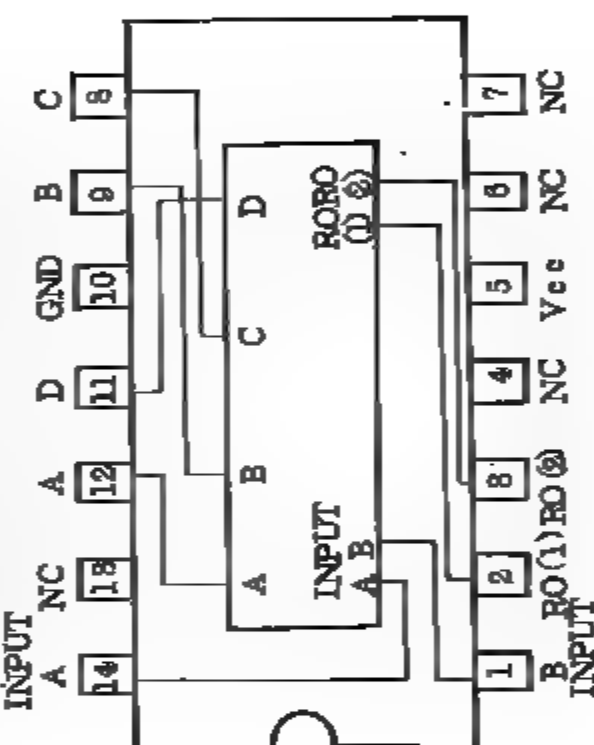
μPB214C/D(7474)



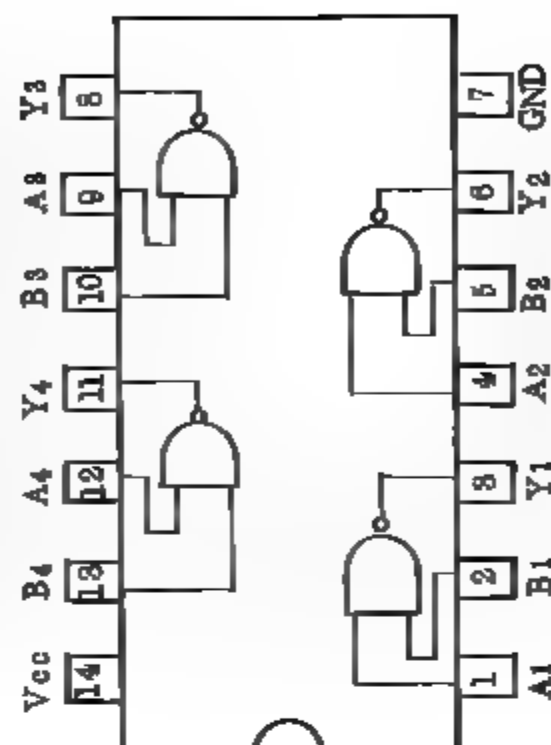
μPB215C/D(7401)



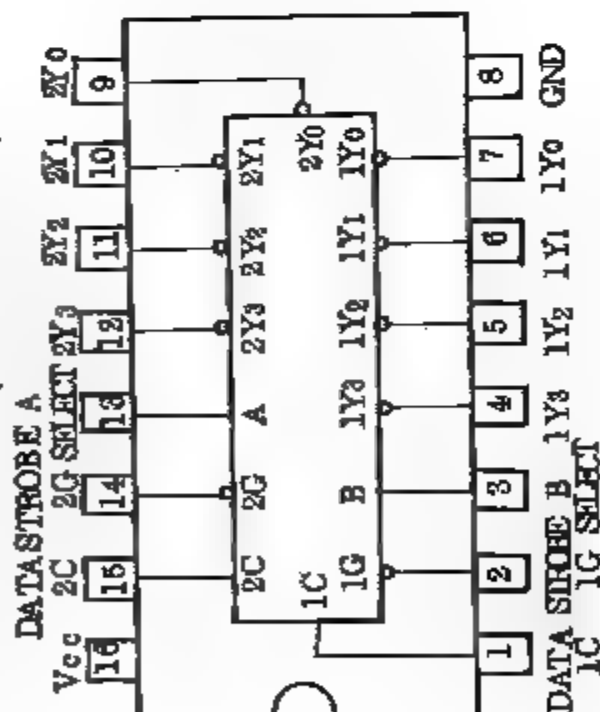
μPB228C/D(7498A)



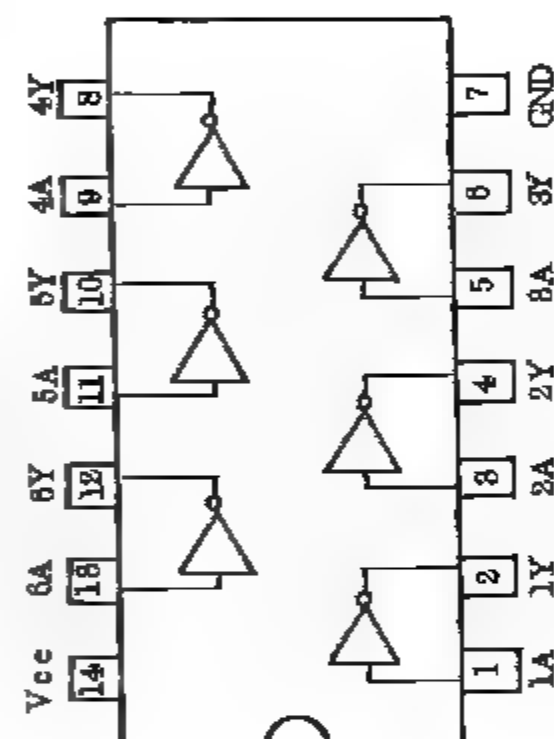
μPB288D(7488)



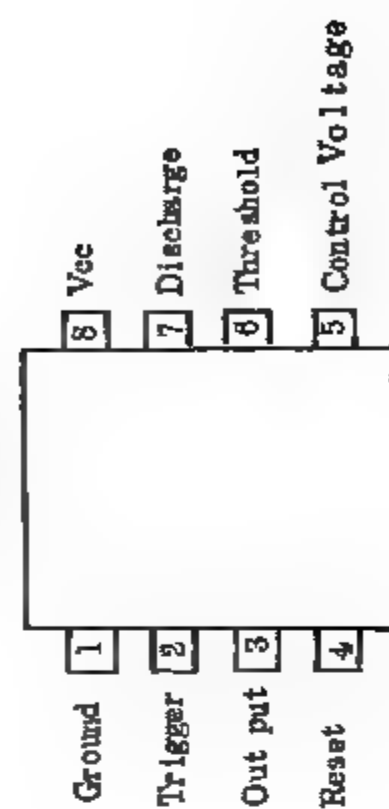
μPB2155D(74155)



SN74LSO4



NE/SE555



第3章 モニタプログラムとその操作方法

3.1 概 要

どんなコンピュータでもプログラムなしには、何も仕事をすることができません。そのプログラムはメモリに書かれますので、コンピュータにはプログラムを“メモリに書く”とか、“メモリの内容を調べる”といった基本的な機能が必要となります。

さらに、プログラムがメモリに書き込まれても、そのプログラムが正しく、思った通りに動作してくれるかどうかチェックするための手段も必要です。このような機能は、複雑なハードウェアを備えれば実現できますが、TK 80では、この基本的な処理の大部分をプログラムでソフトウェア的に実現しています。

このプログラムはモニタプログラムと呼ばれ、EEPROM(μPD454)に書き込まれた形で、キット部品の中に含まれております。(ソフトウェアが“部品”と同じようにLSIの形で届けられるわけで、こういう所がマイクロコンピュータの便利な所です)。


3.2 基本的な操作方法

モニタの詳しい説明は後回しにして、早くこのコンピュータにプログラムを入力できるようにしたい方は、この項を読んでください。


(1) 電源の投入

電源は+5Vを先に、+12Vを後で投入します。順序をつけにくいときは、+5V、+12Vを同時に投入してください。

(2) 電源を同時に投入した場合

電源を同時に投入した場合には、自動リセット回路(パワー・オン・リセット)が働いて、コンピュータにリセットがかかりますが、電源投入後は、一応  キーにより、コンピュータにリセットをかけてから操作に移るくせをつけましょう。

(3) 順序をつけて投入した場合

+12Vを遅らせて投入した場合には、自動リセットは働きませんので、必ず  キーを押してください。

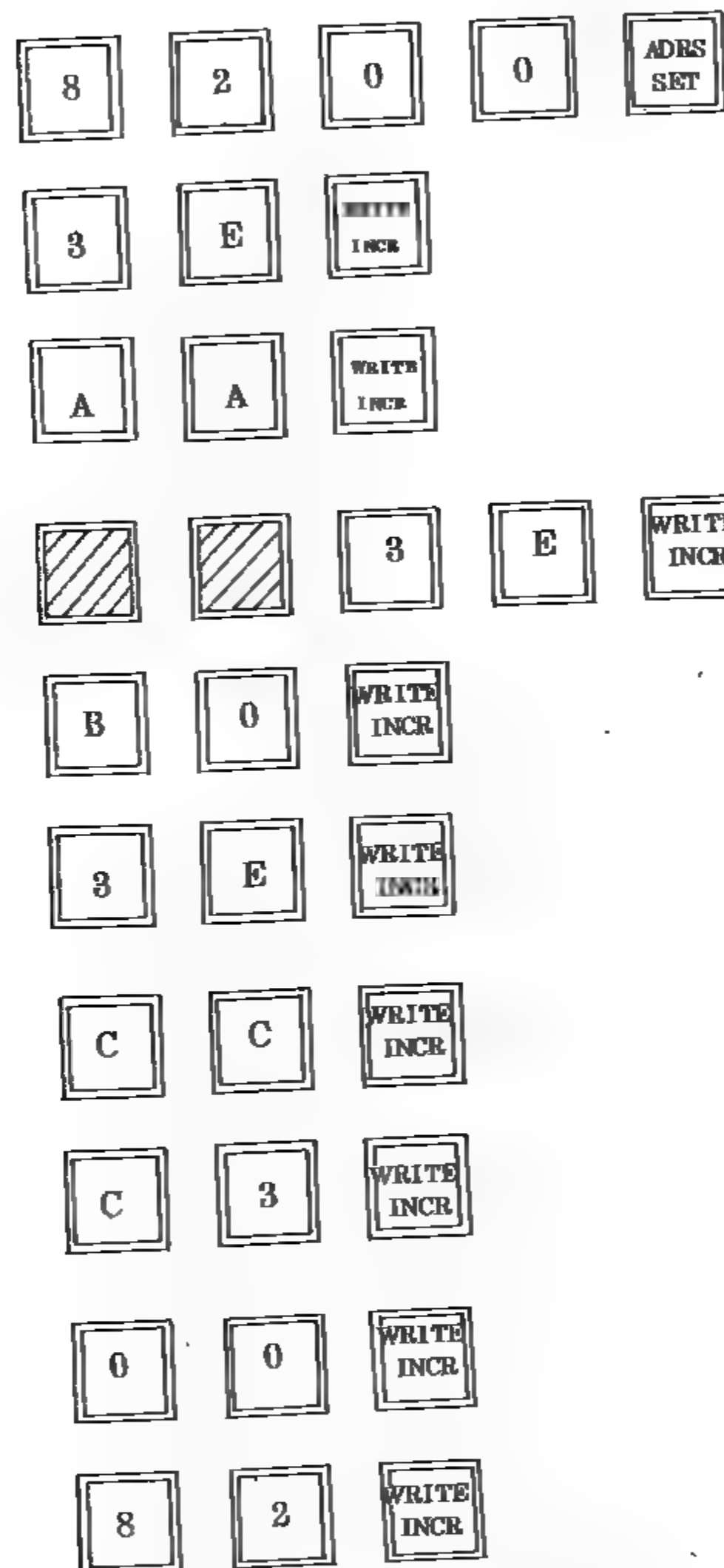
(4) モニタ・プログラム・スタート

リセットがかけられると、このコンピュータのモニタプログラムが動作をはじめ、LED表示部のすべての桁に“0”が表示されます。

それでは次に簡単なプログラミングの例を示しますので、指示通りにキー操作を行ってください。通り操作方法がマスターできます。

3.3 基本的なプログラミング操作例

- (1) 8200番地からプログラムを書いていきます(この通りの値をプログラムしていただきます)。

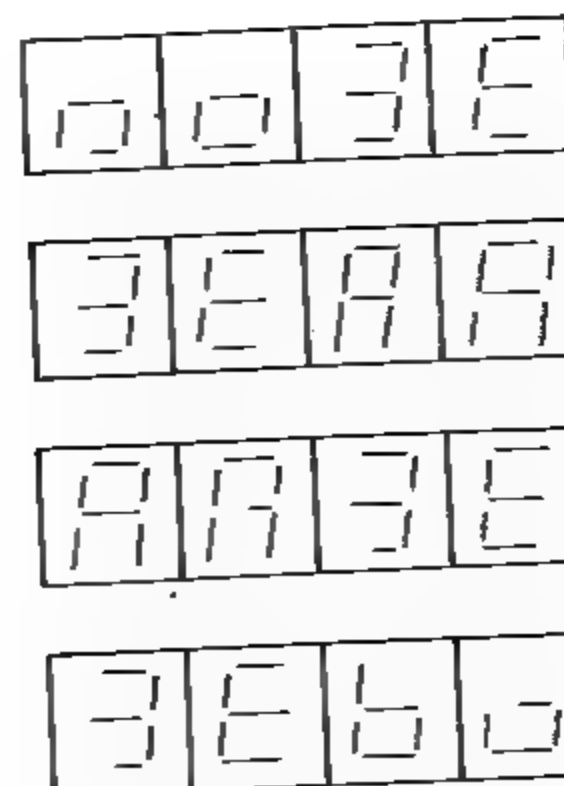
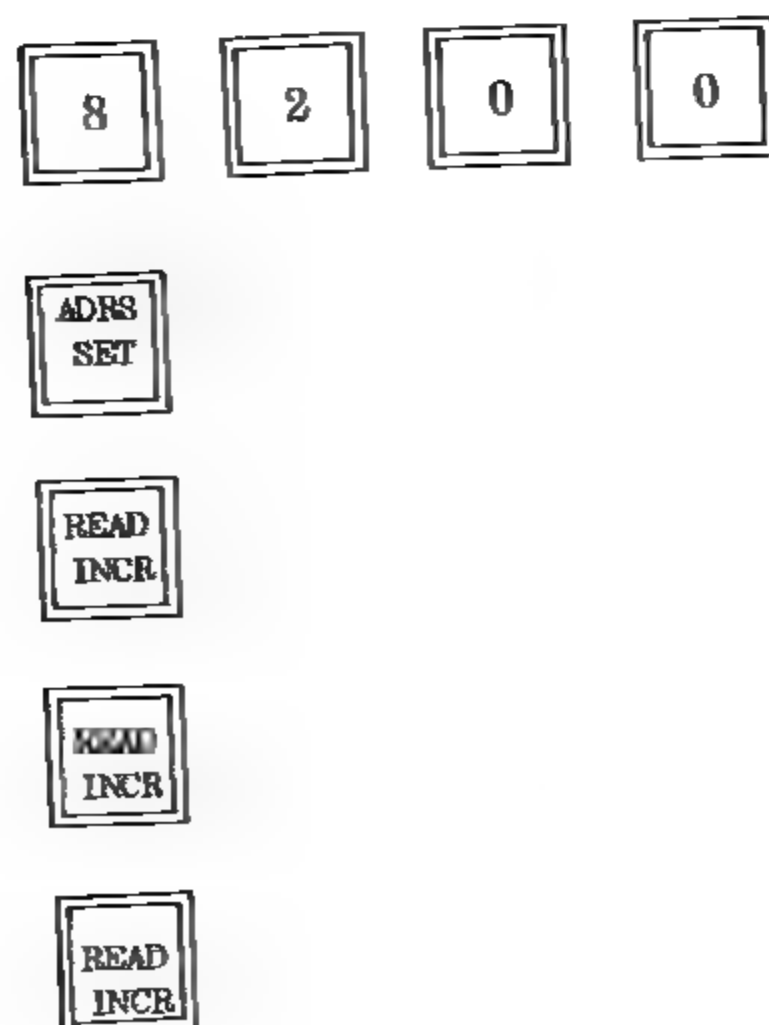


← 間違ったデータは無視して、続けて入力してください。最後の2桁だけが有効です。

```
8200 MVI A,0AAH
      MVI A,0BBH
      MVI A,0CCH
      JMP 8200H
```

- (2) 8200番地から書かれた内容をチェック

データ部の表示



OK

OK

間違っていたので
"BB"に直したい



READ
INCR

READ
INCR

READ
INCR

READ
INCR

READ
INCR

3 E 6 6

6 6 3 E

3 E C C

C C C 3

C 3 0 0

0 0 6 2

このときはアドレスはすでにセッ
トされていますので、正しいデータ
2桁と書き込みキーを押すだけで、
データは変更されます。

OK

(3) 8200番地からこの命令を1ステップ(1命令ずつ)実行します。

8 2 0 0 ADDR
SET

モードスイッチをSTE側にしておきます。

キー入力

アドレス部

データ部の上位2桁

RUN

8 2 0 2

AA

.....実はアキュムレータの値です。

RET

8 2 0 4

6 6

RET

8 2 0 6

C C

RET

8 2 0 0

C C

RET

8 2 0 2

AA

RET

8 2 0 4

6 6

8200~8206番地を繰り返し実行し、データ部の表示はAA, BB, CCのように
変化していきます。

(4) このプログラムをAUTOで実行させてみます。

8 2 0 0 ADRS SET

モードスイッチをAUTO側におきます。

RUN

これでプログラムはループを繰り返し実行していますが、外から見ているだけでは、本当に実行しているかどうかわかりません。

(5) ループをN回実行するまではAUTOで、それ以後はストップ動作をさせてみます(8202番地を100回通過したら、ストップ動作に入ることになります)。

8 3 F 0 ADRS SET

0 2 WRITE INCR

8 2 WRITE INCR

6 4 WRITE INCR

ブレークアドレスとブレーク回数がセットされました。

83F0: アドレス下位2桁

83F1: アドレス上位2桁

83F2: 回数(最大256)

ここでモードスイッチをSTEPにします。

8 2 0 0 ADRS SET

RUN

プログラムはあっという間に100回実行されて

アドレスは8204

データはBB××

が表示されてストップします。

この先ストップ動作が可能です。

RET

RET

(6) ステップ動作でCPU内部のレジスタの動きをチェックします。

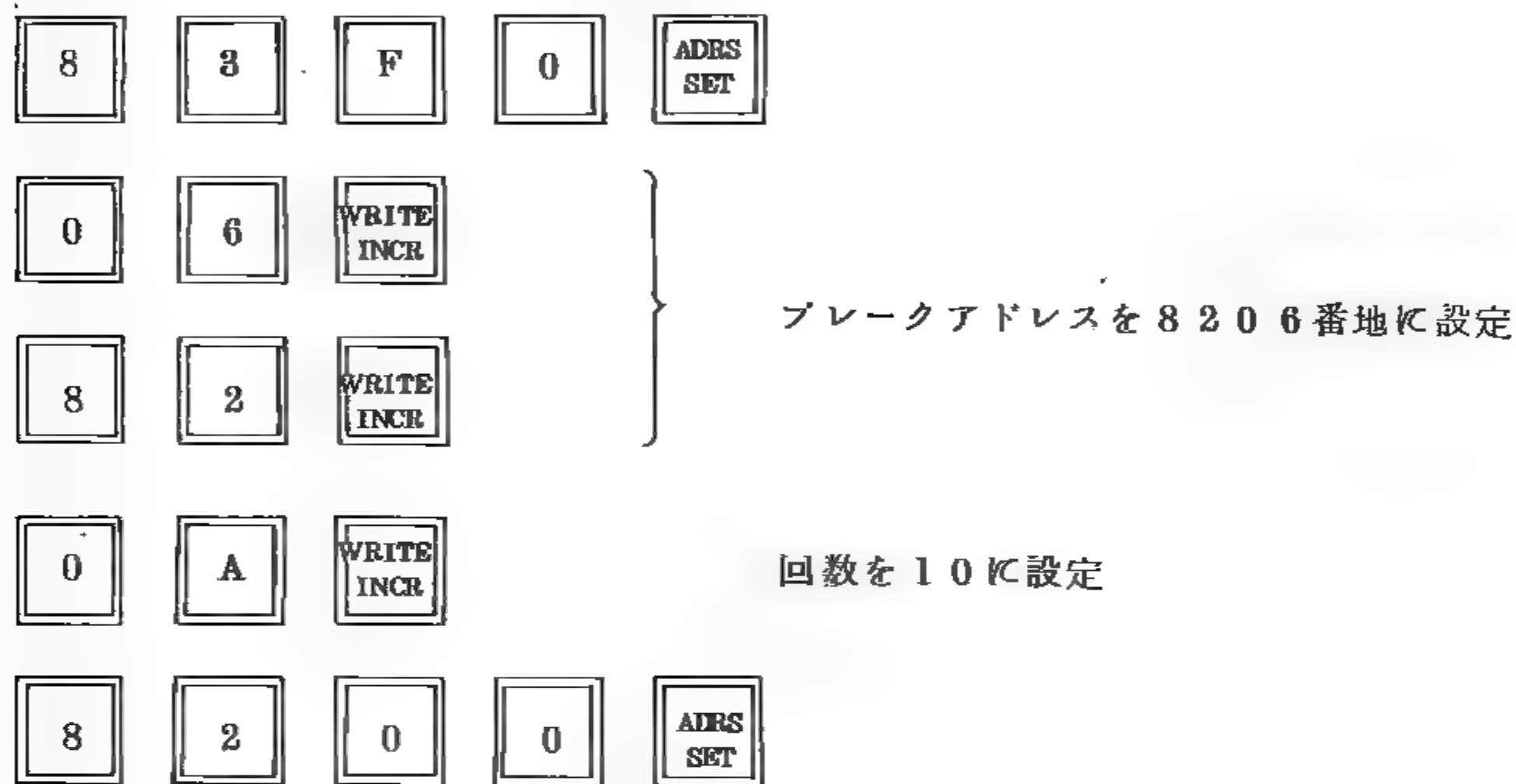
```

8200  MVI B, 0      0600
      MVI C, 0      0E00
      INR B         04
      DCR C         0D
      JMP 8204H     C30482

```

まず、このプログラムを8200番地から書いてください。

今度は10回繰り返し実行してから、ステップ動作に入るものとします。



モードスイッチをSTEP側にしておきます。




10回実行されて止まります。この時のBレジスタ、Cレジスタの値を調べてみます。

Bレジスタ、Cレジスタの内容は、それぞれ83E9、83E8番地に格納されていますので、この番地を読み出します。



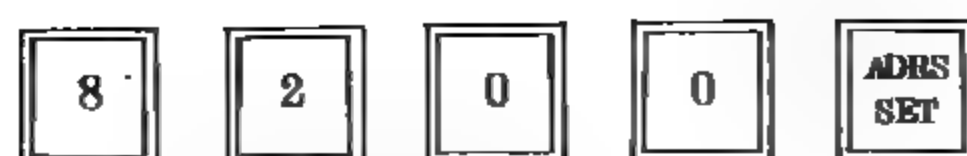
データ表示部には、0AF6が表示されます。0AがBレジスタの値、F6がCレジスタの値です。B、Cレジスタだけでなく、CPUチップの中のすべてのレジスタはこのようにして調べることができます（詳しくは3.4.7レジスタの表示の項を参照してください）。

さらに続けて1ステップずつ実行させるには、キーを押します。1ステップ実行させるたびに、新しいレジスタの内容が前に調べた番地に更新されて書かれますので、もう一度同じようにアドレスをセットして、その番地を読み出せば、1ステップずつのレジスタの動きを調べることができます。

(7) 完成したプログラムをカセットテープにファイルします。

カセットテープとTK-80のインタフェースは第6章を参照してください。

8200番地から8235番地までをひとまとめにしてファイルするものとします。



スタートアドレスの設定




エンドアドレスの設定

ここでテープレコーダの録音を開始しますと、ビーという連続した音が書き込まれます。
VU メーターが適当な録音レベルを指示していることを確かめてください。




キーを押すと、書き込みを開始します。

書き込み中はLED表示が消えるようになっており、終了しますと再び表示されます。

書き込みが不安な場合は、もう一度  キーを押せば、同じデータの書き込みが行われます。

(8) テープよりメモリへデータをロードします。


テープにファイルしたプログラムには、格納されるべき番地も書かれていますので、番地を指定する必要はありません。テープを再生状態にすると、ビーという連続音の入っている部分がデータより前に現われますので、 キーを押します。

データを読み取っている間は、LEDの表示は消えますが最後のデータであるサムチェック・データを読み取り、エラーがなければ、データのスタートアドレスとエンドアドレスがそれぞれアドレス表示部とデータ表示部に現われます。

エラーがあった場合には、

E

が表示されますので、もう一度読み込ませてください。

プログラムのスタート番地と読み込みデータのスタート番地が一致している場合には  キーを押せばすぐこのプログラムは走り出します。

読み込みエラーが続発するような場合には、テープへの録音レベルかテープの再生レベルが不適当な状態にあると思われるので、各レベルを調整した上でストア、ロードを行ってください。

これまでの操作ができれば、あなたはほぼ自由にプログラムを組んだり、デバグを行うことができます。

さらに深くモニタプログラムの機能を習得したい方は、第4章を学んでください。それよりも早くこのコンピュータに何かをやらせてみたい方は、別冊として用意されている。

“TK-80 応用プログラム”を参考にして、実際にプログラムを入力してください。

3.4 プログラミングに関する基本的な注意事項

基本構成では、RAMは512バイトが実装されており、そのロケーションは、

8200~83FF (16進表示)

です。そのうちモニタプログラムがワーキングエリアとして、

83C7~83FF (16進表示)

番地を使用していますので、ユーザがプログラムを書けるロケーションは、

8200~83C6 (16進表示)

番地です。さらにユーザプログラムの中でスタックを使い命令(PUSH, CALL等)が実行されると、スタックが83C6番地から若い番地に向ってのびてきますので、スタックの使い方^{注(1)}をマスターするまでは、できるだけ若い番地からプログラムを書く(つまり高い方の番地でスタック領域が多少ふえてもプログラムに影響しないようにしておきます)ようにしてください。

注(1) 4.2 サブルーチンの考え方の項を参照してください。

3.5 バッテリによるメモリデータの保存

一般の半導体RAMは電源が切れると、データも消えてしまいます。しかし、TK-80で使用しているCMOS RAMは、スタンバイ時(リード/ライト動作を行っていない状態)の消費電力が非常に少ないので、バッテリーで長時間データを保存させることができます。TK-80の場合には、乾電池2本(1.5V×2)を直列接続してEXT Vccの端子につないでください。

そしてシステムの電源を切るときには、まず **RESET** キーを押して、RAM PROTECT/ENABLE スイッチをPROTECT側に倒してから、電源を切ってください。そのまま乾電池が消耗してしまわないかぎり、データは保存されます。

電源を再び投入する場合には、先に電源を投入し、**RESET** キーを押しながらスイッチをENABLE側に切り換えれば、再びRAMは元のデータをもったまま、使用可能な状態になります。

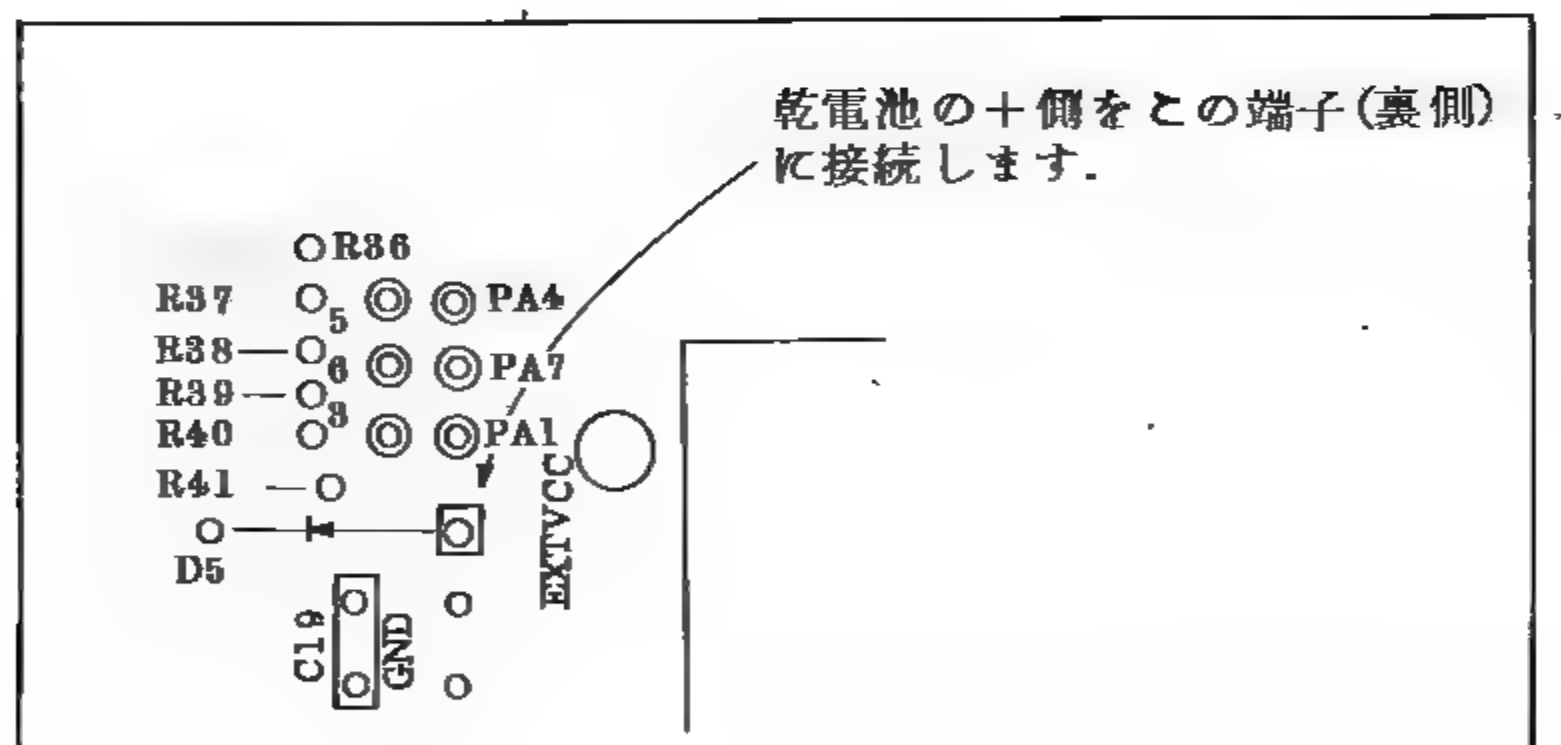
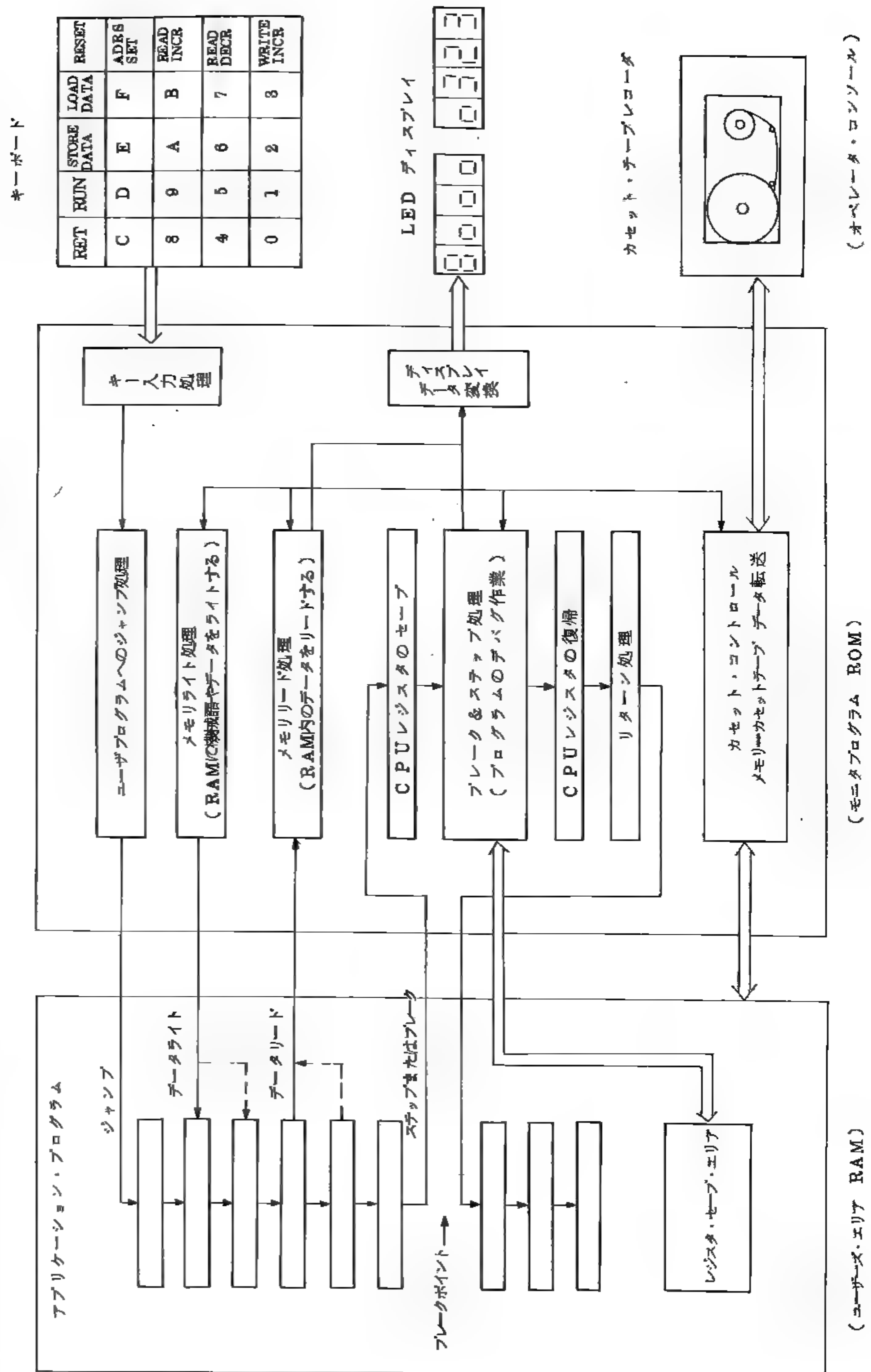
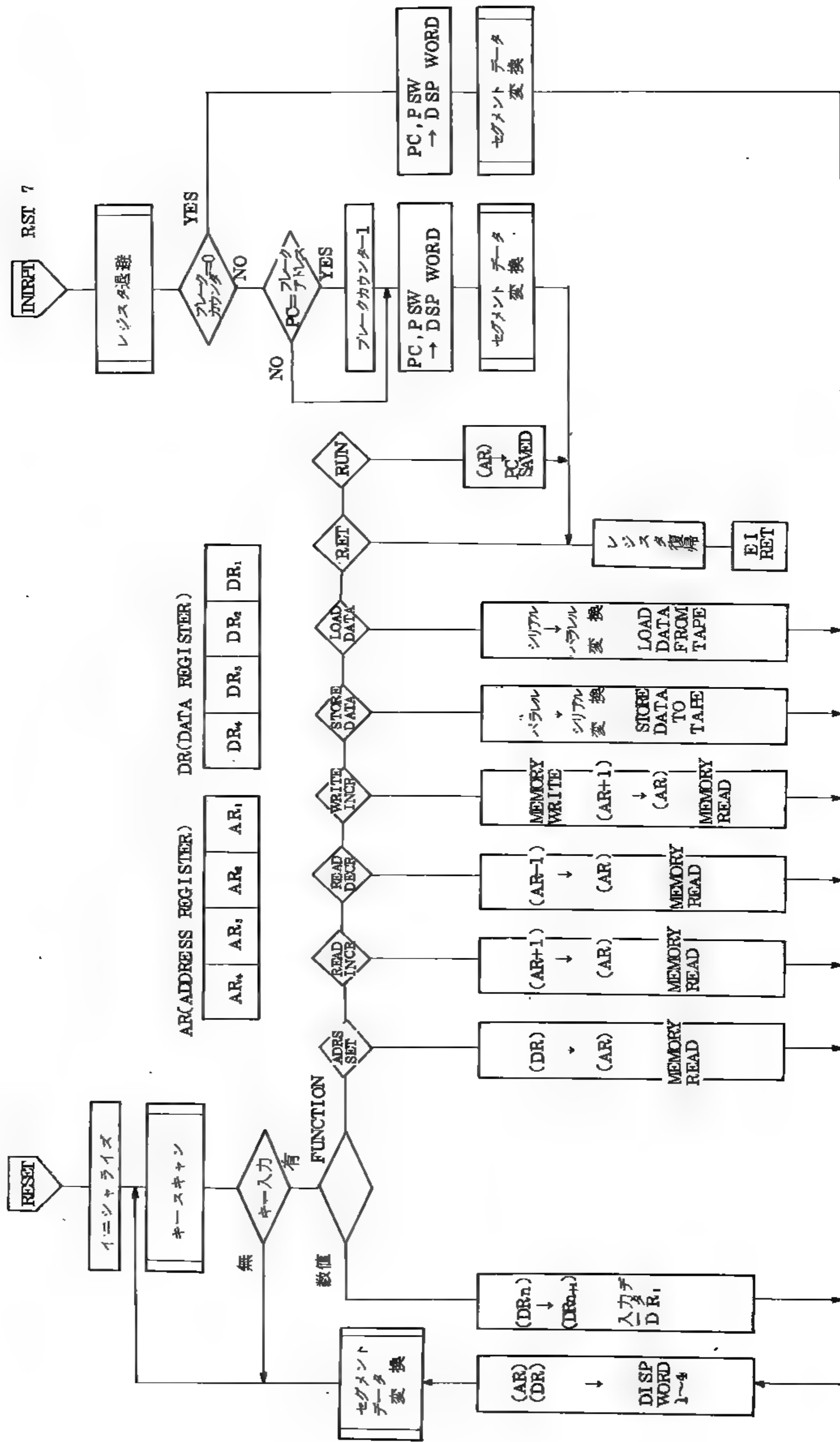


図 8-1 モニタプログラムによる処理



ト
ー
+
サ
ー
ロ
7
4
0
7
ロ
タ
ロ
タ
ロ
タ
8
2
1
8



3.6 モニタプログラムの詳細な説明

これまで説明した操作は、モニタプログラムの内部的な処理には一切触れませんでした。

ここでは、さらに高度な使い方をなさりたい方、もしくはモニタプログラムの中身を勉強されたい方のために、モニタプログラムを少し詳しく説明しておきます。

3.6.1 モニタプログラムのスタート

モニタは、RESETキーが押された時、あるいはCPUプログラムカウンタが"0"になるような命令(JMP 0, RST 0, CALL 0等)が、実行された時にスタートします。

3.6.2 モニタプログラム・スタート時の初期値設定

モニタのエントリーは次の二つがあります。


(1) 0番地スタート

モニタを0番地より、スタートさせるとモニタは、そのワーキングエリアの^{注(1)}データレジスタ、^{注(2)}アドレスレジスタ、^{注(3)}ブレーク・アドレス・レジスタ、^{注(4)}ブレークカウンタ、^{注(5)}キーフラグ、^{注(6)}ディスプレイ・レジスタを零クリアします。

次に、^{注(7)}スタックポインタのセーブエリアに、最初のユーザスタックとなる番地"83C7"を書き込みその後、スタックポインタを、モニタ専用エリア"83D1"にセットします。

以上のイニシャライズが終了すると、零クリアされているディスプレイレジスタの内容を、LEDディスプレイに表示し、キー入力待ちの状態になります。

注(1) データキーより入力されたデータおよびメモリよりリードされたデータが、セットされるソフトウェア上のレジスタ

(2) モニタがメモリに対して処理を行う時に参照するレジスタで  キーを押すことによって、データレジスタのデータをセットすることができます。

(3) ブレーク番地をセットするレジスタ

(4) ブレーク動作時に、ループ回数をセットするレジスタ

(5) モニタがキーボードをセンスする時に参照されるフラグ

(6) LEDディスプレイに表示するためのデータをセットするレジスタ

(7) ステップおよびブレーク時にスタックポインタを退避させるためにとられているエリア

(2) 8番地スタート

モニタを8番地よりスタートさせると、上記のイニシャライズは行わず、スタックポインタを、モニタ専用エリア"83D1"にセットします。

次に、その時ディスプレイレジスタにセットされているデータを、LEDディスプレイに表示し、キー入力待ちの状態になります。

3.6.3 データのセット

モニタは、入力データ用に2ワードのデータレジスタをもっています。このレジスタは、4ビット

ト構成でキーより入力された16進数データを4桁まで、記憶しておくことができます。

データキー(0~F)が、押されるとデータレジスタは、1桁上位にシフトされ、入力されたデータはデータレジスタの最下位にセットされます。

キー入力	ADDRESS	DATA
<div>RESET</div>	<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>
<div>1</div>	<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div><div></div><div>1</div></div>
<div>2</div>	<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div><div>1</div><div>2</div></div>

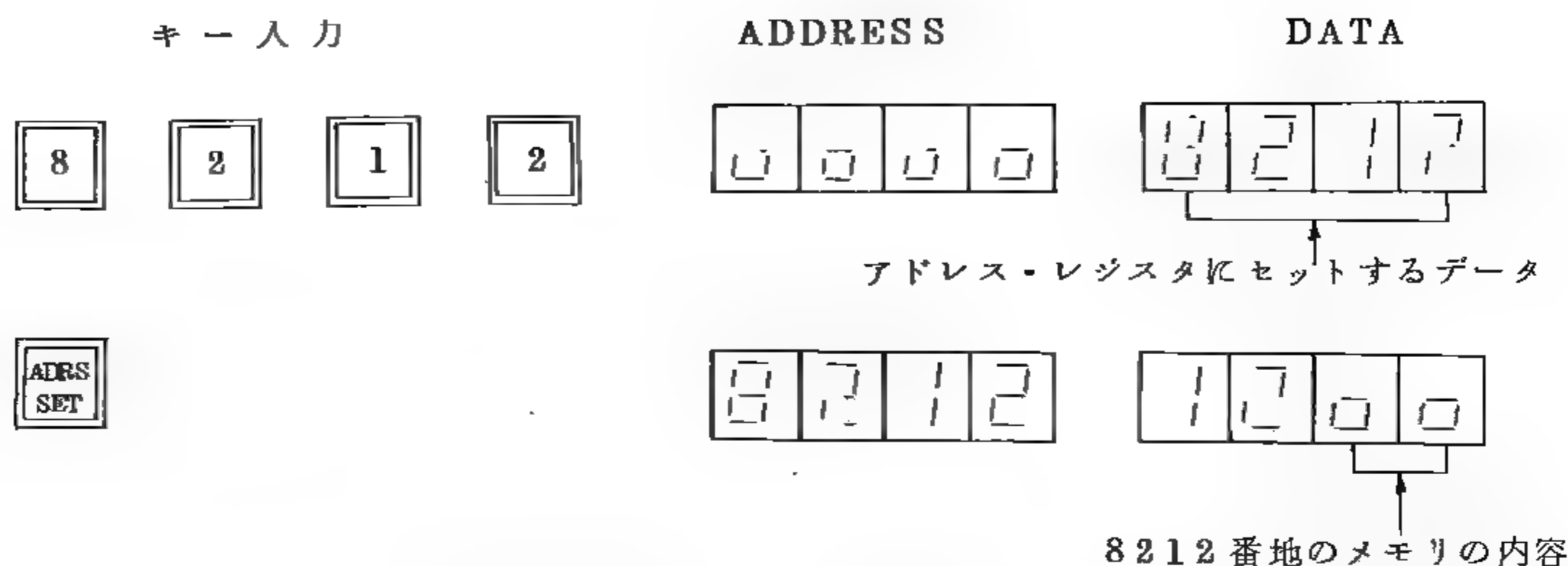
3. 6. 4 キーコマンド

ADRS SET	アドレス セット
READ INCR	アドレス・インクリメント&メモリリード
READ DECR	アドレス・ディクリメント&メモリリード
WRITE INCR	メモリライト&アドレス・インクリメント
RUN	RUN
RET	RETURN
LOAD DATA	ロード データ
STORE DATA	ストア データ

(1) アドレスセット

データレジスタにセットされたデータをアドレスレジスタにセットし、その番地のメモリの

内容をリードします。



データレジスタに、これから処理を行おうとするアドレスを、16進数4桁でセットし、
キーを押すと、データレジスタにセットされたアドレスデータが、アドレスレジスタにセットされ、
その番地のメモリの内容がリードされます。

この時データレジスタは、2桁上位にシフトされリードされたデータは、データレジスタの下位
2桁にセットされます。

以上の処理が終了すると、データレジスタとアドレスレジスタの内容は、LEDディスプレイに
表示されます。

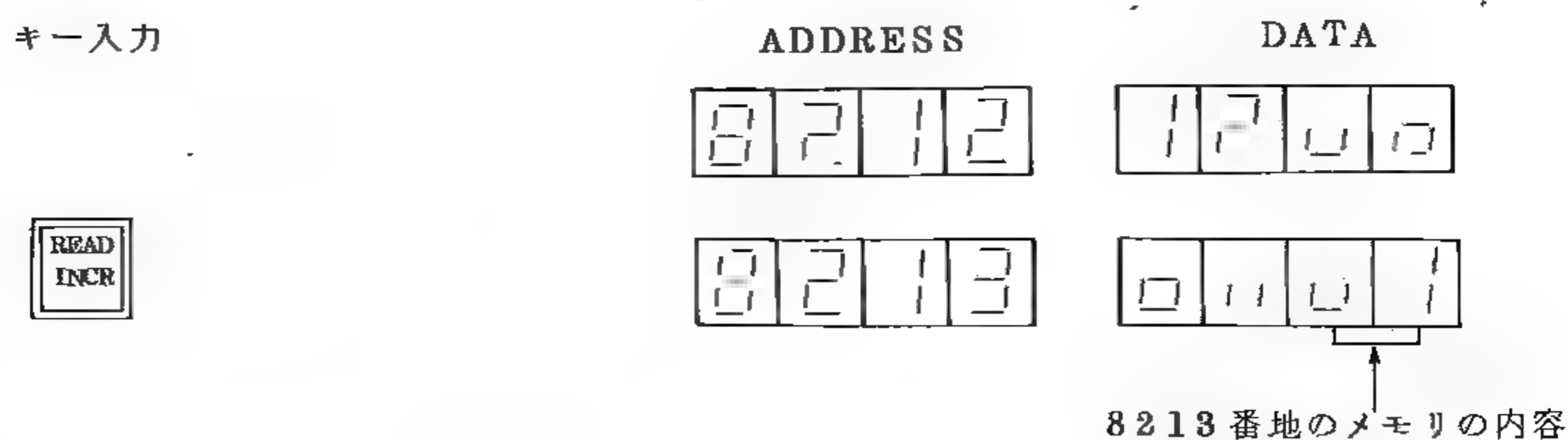
(2) アドレス・インクリメント&メモリリード

アドレスレジスタの内容をインクリメントし、その番地のメモリの内容をリードします。

READ INCR キーが押されると、アドレスレジスタの内容をインクリメントし、さらに更新された
番地のメモリの内容がリードされます。

この時データレジスタは、2桁上位にシフトされリードされたデータは、データレジスタの
下位2桁にセットされます。

以上の処理が終了すると、データレジスタとアドレスレジスタの内容は、LEDディスプレ
イに表示されます。



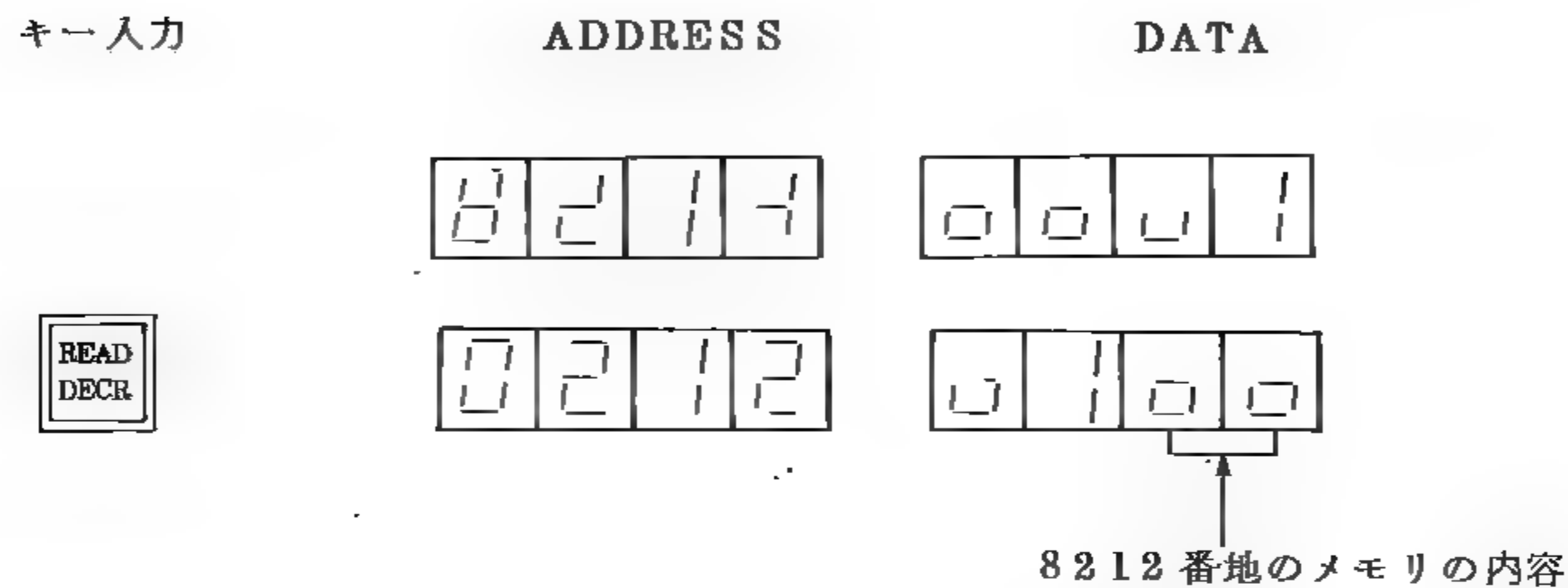
(3) アドレス・ディクリメント&メモリリード

アドレスレジスタの内容をディクリメントし、その番地のメモリの内容をリードします。

READ DECR キーが押されると、アドレスレジスタの内容をディクリメントし、さらに更新された
番地のメモリの内容がリードされます。

この時データレジスタは、2桁上位にシフトされリードされたデータは、データレジスタの下位2桁にセットされます。

以上の処理が終了すると、データレジスタとアドレスレジスタの内容は、LEDディスプレイに表示されます。



(4) メモリライト&アドレス・インクリメント

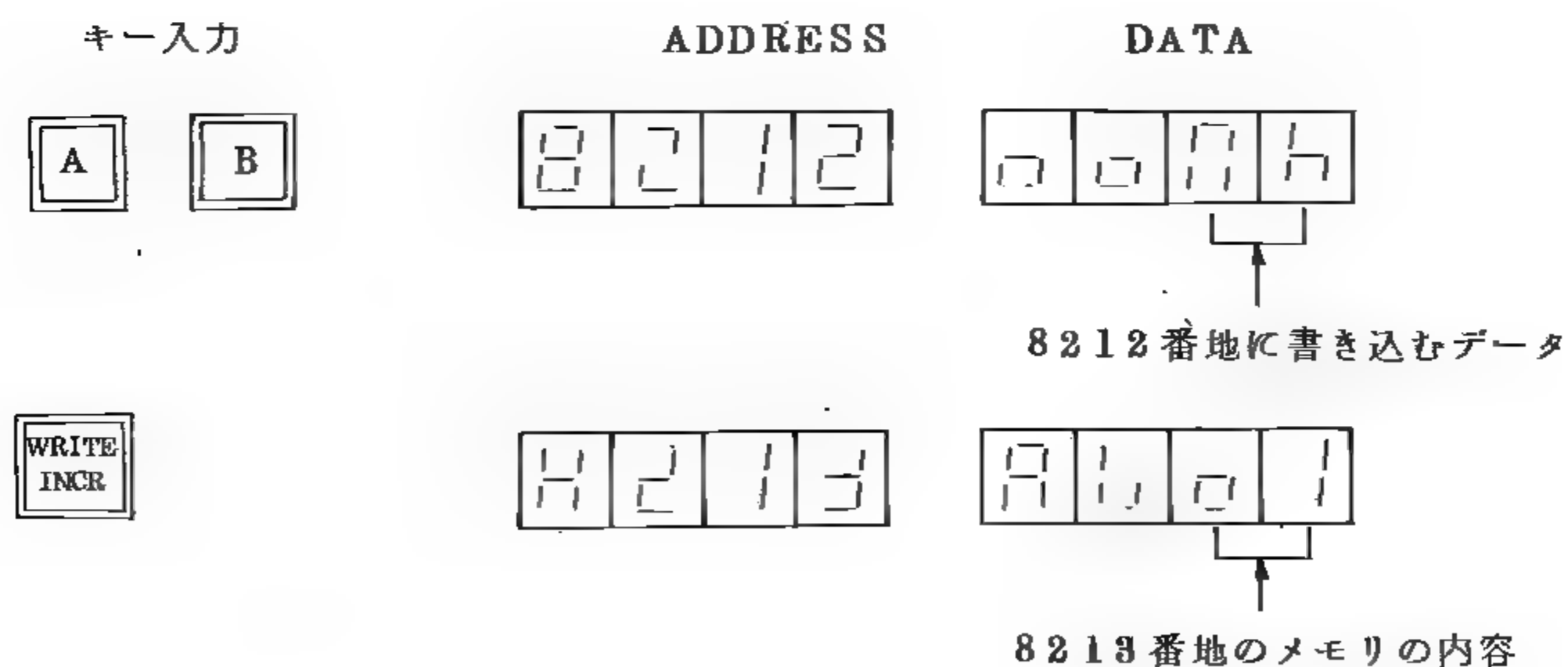
アドレスレジスタの内容によって指定された番地のメモリに、データレジスタの下位2桁にセットされたデータをライトします。

データレジスタの下位2桁に、ライトするデータをセットして **WRITE INCR** キーが押されると、アドレスレジスタによって、指定された番地のメモリにデータレジスタの下位2桁に、セットされているデータが書き込まれます。

次にアドレスレジスタの内容は、インクリメントされ更新された番地のメモリの内容が、リードされます。


この時データレジスタは、2桁上位にシフトされ、リードされたデータは、データレジスタの下位2桁にセットされます。

以上の処理が終了すると、データレジスタとアドレスレジスタの内容は、LEDディスプレイに表示されます。



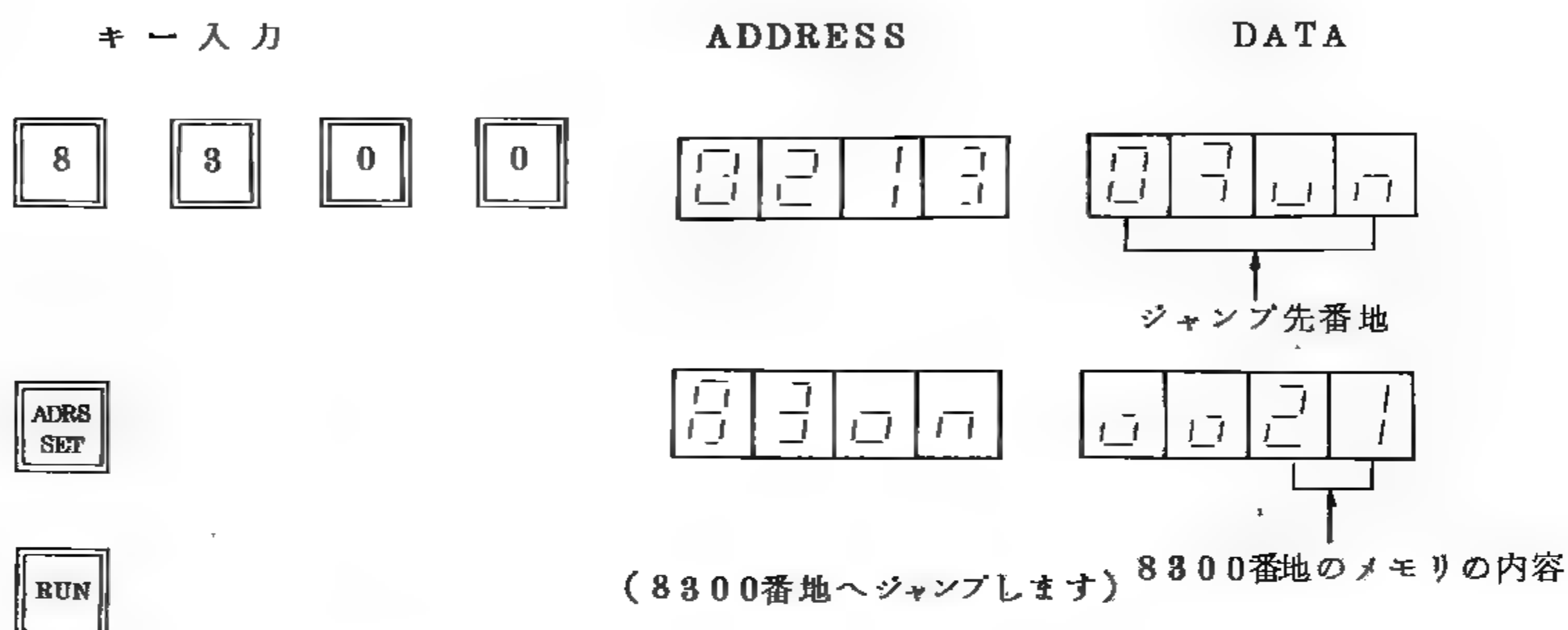
(5) RUN

アドレスレジスタの内容によって指定された番地へジャンプします。

データレジスタに、ジャンプ先の番地を16進4桁でセットして、キーによりアドレスレジスタにジャンプ先の番地をセットします。

この後 **RUN** キーを押すと、レジスタセーブエリアに退避されているレジスタの内容をCPUレジスタに復帰して、アドレスレジスタにセットされている番地にジャンプします。

なおジャンプする直前に、EI命令を実行するため割り込みイネーブルの状態ジャンプしてきます。



(6) RETURN

RET キーが押されると、レジスタ・セーブ・エリアに退避されているレジスタの内容をCPUレジスタに復帰して、退避されていたプログラムカウンタによって指定される番地にジャンプします。

なおジャンプする直前に、EI命令を実行するため、割り込みイネーブルの状態ジャンプしてきます。

(7) ストア・データ

アドレスレジスタで指定された番地からデータレジスタで指定された番地までのメモリの内容を、シリアル信号に変換してPPI(μPD8255)のポートC(PC0)に出力します。

この信号をカセット・インタフェースにより（第6章を参照して下さい）、オーディオ帯域の信号に変換してカセットテープに録音します。

データレジスタにこれから転送しようとするデータの格納されている先頭番地をセットし、キーを押し、転送スタートアドレスをアドレスレジスタにセットします。その後データレジスタに転送しようとするデータの格納されている最終番地をセットします。

ここで **STORE DATA** キーを押すと、LEDディスプレイの表示が消えデータ転送がはじまります。データ転送が終了すると、LEDディスプレイの表示が再び点灯し、キー入力待ちの状態になります。

キー入力

ADDRESS

DATA

8 2 0 0

ADRS
SET

8 2 0 0

0 0 3 1

8 2 F F

8 2 0 0

8 2 F F

転送スタートアドレス

転送エンドアドレス

STORE
DATA

消灯
転送開始

転送中消灯

8 2 0 0

8 2 F F

転送終了

(8) ロード・データ

カセットテープからのデータを、データ中で指定された番地のメモリへロードします。

カセットテープをスタートさせ、発振音を確認した後に **LOAD DATA** キーを押すと、LED表示が消え、カセットテープよりロード先のアドレスデータを受信し、以降のデータをメモリにロードします。

ロードが終了すると、受信にエラーがあったかどうかをチェックし、エラーがない場合は、ロードされたデータの先頭アドレスをアドレスレジスタに、最高番地をデータレジスタにセットし、アドレスレジスタ、データレジスタの内容をLEDディスプレイに表示します。

この状態で **RUN** キーを押すことにより、今ロードしたプログラムを実行させることができます。(ただし、ロード開始番地がプログラムのスタート番地に一致している場合)。

受信にエラーがあった場合は、LEDディスプレイにエラー・メッセージを表示します。

キー入力

ADDRESS

DATA

LOAD
DATA

消灯
データ受信開始

受信中消灯

8 2 0 0

8 2 F F

受信終了
エラーなし

F . . .

. . . .

受信終了
エラーあり

3.6.5 ステップ動作

TK-80モニタは、割り込みによりプログラムをステップさせることができます。

ステップ動作を行わせる場合には、モニタのワーキングエリアにあるブレークカウンタ(83F2番地)を零クリアするか、又は **RESET** キーを押す(モニタプログラムが0番地よりスタートすると必ず零クリアされます。)さらにモードスイッチを“STEP”にします。

この状態でアドレスレジスタに、プログラムのスタート番地をセットして **RUN** キーを押すとプログラムをステップして(1インストラクション実行して)、モニタに戻ってきます。この時CPUのすべてのレジスタは、レジスタ・セーブ・エリアに退避されます。

さらにアドレスレジスタには、その時のプログラムカウンタの内容が、データレジスタの上位2桁にはアキュムレータの内容が、データレジスタの下位2桁にはフラグレジスタの内容がセットされ、LEDディスプレイに表示されます。

この時モニタのキーコマンドにより、各部の動作(メモリ、レジスタの内容等)を確認することができます。

この後 **RET** キーを押すと、退避されていたレジスタの内容をすべてCPUに復帰して、次のインストラクションを実行して、再びモニタに戻ってきます。

この場合、リターン先の番地をセットする必要はありません

このようにして、プログラムを次々とステップさせていくことができます。

3.6.6 ブレーク動作

TK-80モニタは、ブレークポイントを1つもっており、ここにセットされた番地において、ブレークさせることができます。またブレークポイントとともに、ブレークカウンタをもっているためブレークのループ回数を設定することができます。

ブレークポイントは、モニタのワーキングエリア内の83F0番地と83F1番地に置かれており、ここにブレークさせる番地を書き込みます。

またブレークカウンタは83F2番地に置かれており、ここにループ回数をセットします。

(1) ブレークポイントおよびブレークカウンタのセット

データレジスタに83F0をセットして **ADRS SET** キーを押す、アドレスレジスタにブレークポイントの番地をセットします。

データレジスタの下位2桁に、ブレークアドレスの下位2桁をセットして **WRITE INCR** キーを押す、続いてデータレジスタの下位2桁に、ブレークアドレスの上位2桁をセットして **WRITE INCR** キーを押して、ブレークポイントにブレークアドレスを書き込みます。

データレジスタの下位2桁に、ループ回数を16進数でセットして **WRITE INCR** キーを押して、ブレークカウンタにループ回数を書き込みます。

キー入力				ADDRESS	DATA
8	3	F	0	0000	83F0 ↑ ブレイクポイントの番地
ADRS SET				83F0	F000
0	3			03F0	0003
WRITE INCR				83F1	0300
8	3			03F1	0081
WRITE INCR				83F2	8300
0	3			A3F2	0001
WRITE INCR					

(2) 動作

前述(1)に従って、ブレイクポイントおよびブレイクカウンタをセットした後、アドレスレジスタにプログラムのスタート番地をセットし、モードスイッチを“STEP”にして **RUN** キーを押すと、ブレイクアドレスに対応するインストラクションを、ループ回数だけ実行した直後にブレイクして、モニタに戻ってきます。

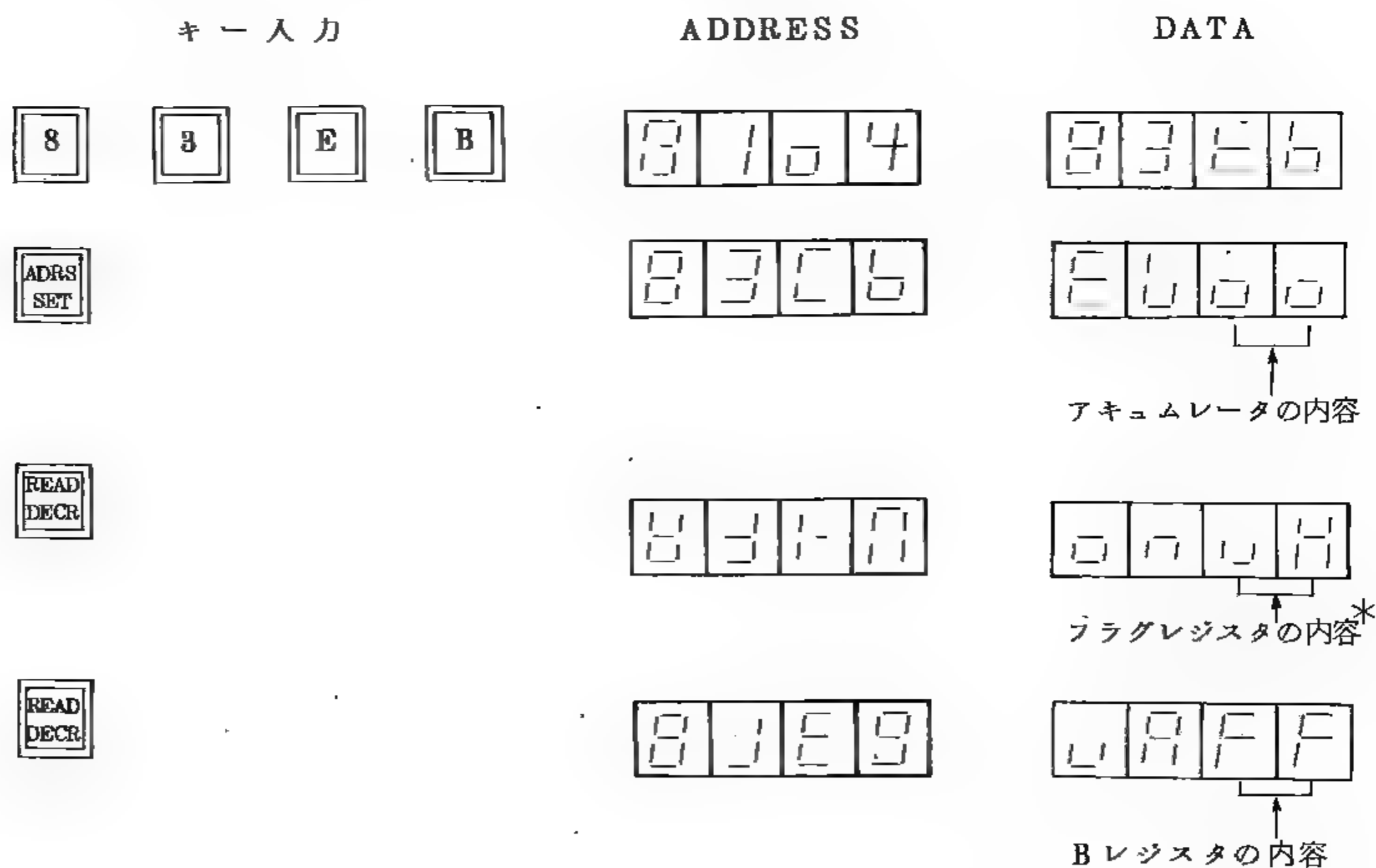
注 ブレイクアドレスは、必ず各インストラクションのオペレーションコードの格納されている番地でなければなりません。

3.6.7 レジスタの表示

ステップ動作およびブレーク動作を行ってモニタに戻った時、すべてのCPUレジスタはモニタ・ワーキング・エリア内のレジスタ・セーブ・エリアに退避されます。
この時各レジスタは、次の番地に退避されます。

83EB	番地	アキュムレータ
83EA	番地	フラグレジスタ*
83E9	番地	B レジスタ
83E8	番地	C レジスタ
83E7	番地	D レジスタ
83E6	番地	E レジスタ
83E5	番地	H レジスタ
83E4	番地	L レジスタ
83E3	番地	スタックポインタ〔上位〕
83E2	番地	スタックポインタ〔下位〕
83E1	番地	プログラムカウンタ〔上位〕
83E0	番地	プログラムカウンタ〔下位〕

退避されているレジスタの内容は、各レジスタに相当するメモリの内容をモニタのキーコマンドにより、LEDディスプレイに表示させることができます。



* 各フラグはフラグレジスタのビットと次のように対応します。

F ₇	F ₆	F ₅	F ₄	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀
S	Z	SUB	CY ₁	"1"	P	"1"	C

また、レジスタ・セーブ・エリア内にデータを書き込む（書き換える）と、**RUN** キーあるいは **RET** キーが押された時、CPUレジスタにはレジスタセーブエリア内に新しく書き込まれたデータを復帰させて、ジャンプしていきます。

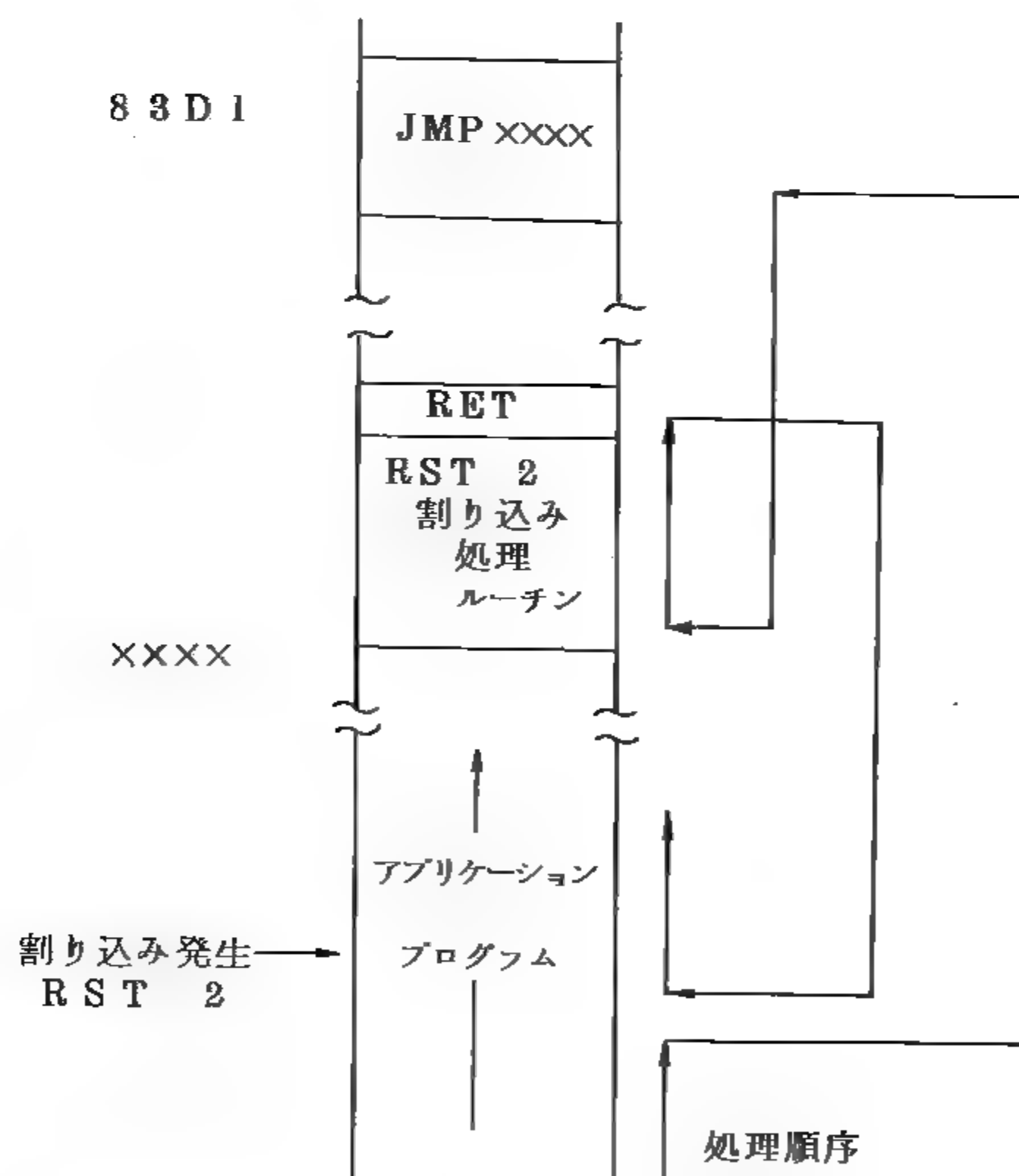
つまりプログラムにジャンプする前に、モニタによってCPUレジスタをイニシャライズすることができることになります。

3.6.8 リスタート・ジャンプ・テーブル

TK 80モニタにおいて、8種類あるリスタート命令のうち5種類を開放しています。

これらのリスタート命令を実行すると、おののおの次に示す番地は無条件ジャンプしてきます。従ってこのエリアに各処理ルーチンへのジャンプ命令を書き込んでおくことにより、各処理を実行することができます。

RST	2	83D1	番地
RST	3	83D4	番地
RST	4	83D7	番地
RST	5	83DA	番地
RST	6	83DD	番地



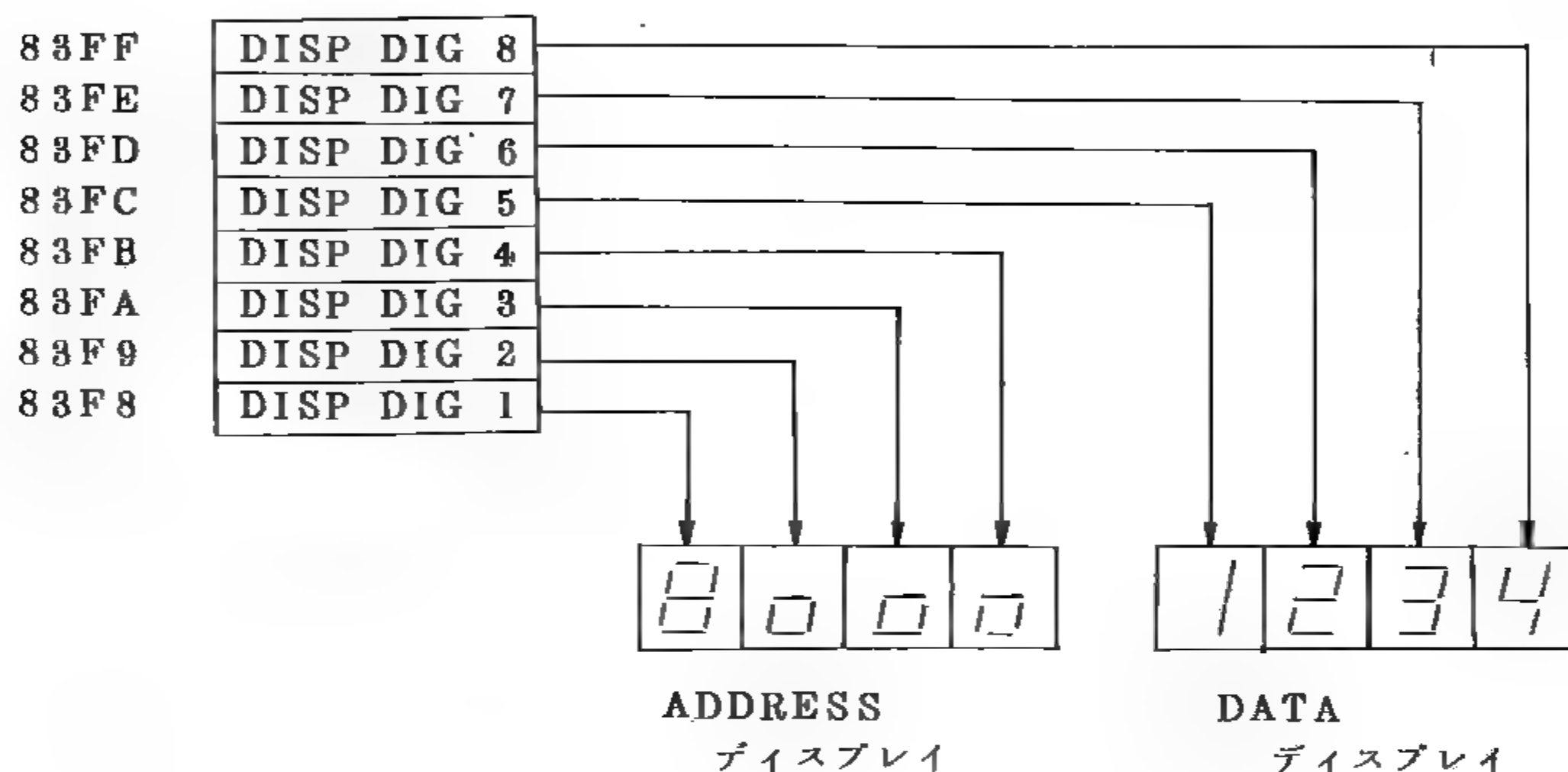
3.6.9 LEDディスプレイへのデータの表示

TK-80は、モニタ・ワーキング・エリア内のセグメント・データ・バッファ（83F8番地～83FF番地）の内容を、DMA転送によって常時表示しています。

表示は7セグメントのLED表示素子を使用し、ダイナミック点灯させています。

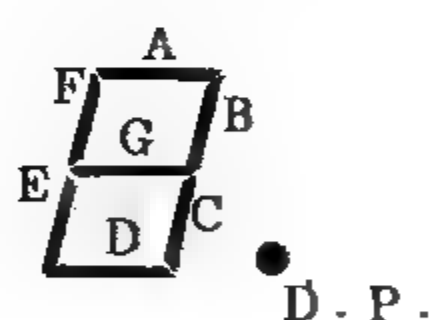
実際にデータをLEDディスプレイに表示させるためには、表示させるデータを後述の表示用データ（セグメントデータ）に変換して、上記のエリアに転送するだけでよく、表示のための特別なプログラムを書く必要はありません。

セグメントデータバッファは、次のようにLEDディスプレイの各桁に対応します。



注(1) セグメントデータ

1つの文字は、1ワード（8ビット）のデータで表示されますが、このデータは各ビットが次のように各セグメントに対応して構成されます。



A : BIT0
B : BIT1
C : BIT2
D : BIT3
E : BIT4
F : BIT5
G : BIT6
D.P.: BIT7

セグメントデータは、点灯させるセグメントに対応するビットを“1”とし、点灯させないセグメントに対応するビットを“0”として構成します。

例えば、“0”という文字に対応するセグメントデータは次のように構成されます。



A	:	(点灯)	BIT0	0
B	:	(点灯)	BIT1	0
C	:	(点灯)	BIT2	1
D	:	(点灯)	BIT3	1

C

E	:	(点灯)	BIT4	1	} 5
F	:	(消灯)	BIT5	0	
G	:	(点灯)	BIT6	1	
D.P.	:	(消灯)	BIT7	0	

セグメントデータ

0	5 C
1	0 6
2	5 B
3	4 F
4	6 6
5	6 D
6	7 D
7	2 7

セグメントデータ

8	7 F
9	6 F
A	7 7
b	7 C
c	3 9
d	5 E
e	7 9
f	7 1

3.7 TK-80メモリマップ

(1) RAMメモリマップ

アドレス	容量 (バイト)	RAM &ROM	備 考
F F F F ↑ 8 4 0 0	31K	—	ブランク
8 3 F F ↑ 8 3 E 0	32	RAM	モニタ・ワーキング・エリア
8 3 D F ↑ 8 3 D 1	15	RAM	RST ジャンプテーブル
8 3 D 0 ↑ 8 3 C 7	10	RAM	モニタ・スタック・エリア
8 3 C 6 ↑ 8 0 0 0	967	RAM	ユーザーズ・エリア
7 F F F ↑ 0 4 0 0	31K	—	ブランク
0 3 F F ↑ 0 3 0 0	256	EEPROM	ユーザーズ・エリア
0 2 F F ↑ 0 0 0 0	768	EEPROM	モニタ

(2) モニタ・ワーキング・エリア・メモリ・マップ

アドレス	シンボル	備考
83FF	DISP DIG 8	セグメント・データ ・バッファ
FE	DISP DIG 7	
FD	DISP DIG 6	
FC	DISP DIG 5	
FB	DISP DIG 4	
FA	DISP DIG 3	
F9	DISP DIG 2	
83F8	DISP DIG 1	
83F7	DISP WORD 4	ディスプレイ レジスタ
F6	DISP WORD 3	
F5	DISP WORD 2	
83F4	DISP WORD 1	ディスプレイレジスタ
83F3	KEY FLAG	キーインプット・フラグ
83F2	BRKCT	ブレーク・カウンタ
83F1	BRKAD (HI)	ブレーク・アドレス 上位
83F0	BRKAD (LO)	レジスタ 下位
83EF	ADRES (HI)	アドレスレジスタ 上位
83EE	ADRES (LO)	下位
83ED	DATA (HI)	データレジスタ 上位
83EC	DATA (LO)	下位
83EB	A	CPU レジスタ・ セーブ・エリア
EA	F	
E9	B	
E8	C	
E7	D	
E6	E	
E5	H	
E4	L	
E3	SP (HI)	
E2	SP (LO)	
E1	PC (HI)	
83E0	PC (LO)	
DF	RST 6	RST 6 ジャンプテーブル
DE		
83DD		
DC	RST 5	RST 5 ジャンプテーブル
DB		
83DA		

アドレス	シンボル	備考
D 9 D 8 8 3 D 7	R S T 4	R S T 4 ジャンプテーブル
D 6 D 5 8 3 D 4	R S T 3	R S T 3 ジャンプテーブル
D 3 D 2 8 3 D 1	R S T 2	R S T 2 ジャンプテーブル
8 3 D 0 C F C E C D C C C B C A C 9 C 8 8 3 C 7	M O N S P	モニタ スタックエリア
8 3 C 6	U S E S P	↓ ユーザーズ スタック
≈ ≈		
ユーザーズエリア		
8 0 0 0		

3.8 モニタ・アセンブル・リスト

```

***** UCDM - 8      ASSEMBL  LIST *****                                P 0001

0001      ::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
0002      ::                                MONITER  VER 1.0                                ::
0003      ::                                1976-7                                    ::
0004      ::                                TYPE B                                    ::
0005      ::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
0006      ORG 0
0007 0000 3E92      MVI A,92H      ; CONTROL WORD FOR 8255
0008 0002 D3FB      OUT OFBH      ; PROGRAM TO 8255
0009 0004 C3        JMP MONST
          3B00

0010      ORG 8H
0011 0008 3E92      MVI A,92H      ; CONTROL WORD FOR 8255
0012 000A D3FB      OUT OFBH      ; PROGRAM TO 8255
0013 000C C3        JMP START
          5100

0014      ORG 10H
0015 0010 C3        JMP RST2
          D183

0016      ORG 18H
0017 0018 C3        JMP RST3
          D483

0018      ORG 20H
0019 0020 C3        JMP RST4
          D783

0020      ORG 28H
0021 0028 C3        JMP RST5
          DA83

0022      ORG 30H
0023 0030 C3        JMP RST6
          DD83

0024      ORG 38H
0025 0038 C3        JMP BRENT
          5101

0026      ::
0027      :: INITIALIZE ROUTIN
0028      ::
0029 003B 3EFF      MONST: MVI A,OFFH
0030 003D D3FA      OUT OFAH      ; PORT C,BIT 0 INITIALIZE
0031 003F 21        LXI H,DATA
          EC83

0032 0042 060C      MVI B,12
0033 0044 AF        XRA A
0034 0045 77        MOV M,A
0035 0046 23        INX H
0036 0047 05        DCR B
0037 0048 C2        JNZ $-3
          4500

0038 0048 21        LXI H,USESP
          C783

0039 004E 22        SHLD SSAVE      ; SET UP FOR USER STACK.
          E283

```

```

0040      ;;
0041      ;; MONITOR START
0042      ;;
0043 0051 3EFF START: MVI A,OFFH
0044 0053 D3FA      OUT OFAH      ; PORT C,BIT 0 INITIALIZE
0045 0055 31      LXI SP,MONSP    ; SP INITIALIZE
      D183
0046 0058 CD      CALL SEGCG      ; SEGMENT CONVERT
      C001
0047 0058 CD      CALL KEYIN      ; KEY INPUT
      1602
0048 005E 47      MOV B,A
0049 005F E610     ANI 10H
0050 0061 CA      JZ DIGIT        ; IF ZERO INPUT DATA=0--->F
      8400
0051 0064 78      MOV A,B
0052 0065 E60F     ANI 0FH
0053 0067 0600     MVI B,0        ; B=0
0054 0069 87      ADD A
0055 006A 4F      MOV C,A
0056 006B 21      LXI H,TABL
      7400
0057 006E C9      DAD B
0058 006F 7E      MOV A,M
0059 0070 23      INX H
0060 0071 66      MOV H,M
0061 0072 6F      MOV L,A
0062 0073 E9      PCHL
0063 0074 CC00     TABL: DW GOTO
0064 0076 F901     DW RESRG
0065 0078 9400     DW ADSET
0066 007A B800     DW ADDCX
0067 007C 9D00     DW ADINX
0068 007E C200     DW MEMW
0069 0080 D500     DW STAPE
0070 0082 0701     DW LTAPE
0071 0084 CD      DIGIT: CALL SHIFT ; DATA REG SHIFT (4 BITS)
      R501
0072 0087 3A      LDA DATA
      FC83
0073 008A B0      ORA B
0074 008B 32      STA DATA      ; INPUT DATA SET
      EC83
0075 008E CD      CALL RGDSP      ; ADDRESS & DATA REG DISPLAY
      A101
0076 0091 C3      JMP START
      5100
0077      ;;
0078      ;; ADDRESS SET
0079      ;;
0080 0094 2A      ADSET: LHLD DATA ; HL=DATA REG

```

***** UCOM - 8 ASSEMBL LIST ***** P 0003

```

0081 0097 EC83
          22          SHLD ADRES      : STORE HL TO ADDRESS REG
          EE83
0082 009A C3          JMP ADINX+4     : MEMORY READ & ADDRESS DISPLAY
          A100

0083      ::
0084      :: MEMORY READ & ADDRESS INCREMENT
0085      ::
0086 009D 2A          ADINX: LHLD ADRES : HL=ADDRESS REG
          EE83
0087 00A0 23          INX H           : ADDRESS INCREMENT
0088 00A1 CD          CALL MEMR       : MEMORY READ
          AD00
0089 00A4 22          ADSTR: SHLD ADRES : STORE HL TO ADDRESS REG
          EE83
0090 00A7 CD          CALL RGDSP      : ADDRESS & DATA DISPLAY
          A101
0091 00AA C3          JMP START
          5100
0092 00AD 3A          MEMR: LDA DATA
          EC83
0093 00B0 32          STA DATA+1     : DATA REG SHIFT
          ED63
0094 00B3 7E          MOV A,M         : MEMORY READ
0095 00B4 32          STA DATA       : DATA--->DATA REG
          EC83
0096 00B7 C9          RET
0097      ::
0098      :: MEMORY READ & ADDRESS DECREMENT
0099      ::
0100 00B8 2A          ADDCX: LHLD ADRES : HL=ADDRESS REG
          EE83
0101 00BB 2B          DCX H           : ADDRESS DECREMENT
0102 00BC CD          CALL MEMR       : MEMORY READ
          AD00
0103 00BF C3          JMP ADSTR
          A400
0104      ::
0105      :: MEMORY WRITE
0106      ::
0107 00C2 2A          MEMW: LHLD ADRES : HL=ADDRESS REG
          EE83
0108 00C5 3A          LDA DATA       : A=DATA REG
          EC83
0109 00C8 77          MOV M,A         : DATA WRITE
0110 00C9 C3          JMP ADINX
          9D00
0111      ::
0112      :: MONITOR TO USER CONTROL ROUTIN
0113      ::
0114 00CC 2A          GOTO: LHLD ADRES : HL=ADDRESS REG

```



```

0115 00CF EE83      SHLD PSAVE      ; (HL)--->(PC) SAVE AREA
                                E083
0116 00D2 C3        JMP RESRG      ; REGISTER RESTORE
                                F901
0117      :
0118      ::
0119      :: STORE DATA TO TAPE
0120      ::
0121 00D5 0E00 STAPE: MVI C,0      ; C=CHECKSUM REGISTER
0122 00D7 2A        LHL DATA      ; HL=END ADDRESS
                                EC83
0123 00DA EB        XCHG           ; DE=END ADDRESS
0124 00DB 2A        LHL ADRES     ; HL=START ADDRESS
                                EE83
0125 00DE 7C        MOV A,H
0126 00DF CD        CALL CKSMO     ; START ADDRESS [HI] OUT
                                4101
0127 00E2 7D        MOV A,L
0128 00E3 CD        CALL CKSMO     ; START ADDRESS [LO] OUT
                                4101
0129 00E6 7A        MOV A,D
0130 00E7 CD        CALL CKSMO     ; END ADDRESS [HI] OUT
                                4101
0131 00EA 7B        MOV A,E
0132 00EB CD        CALL CKSMO     ; END ADDRESS [LO] OUT
                                4101
0133 00EE 2B        DCX H
0134 00EF 23 TAPE1: INX H
0135 00F0 7E        MOV A,M
0136 00F1 CD        CALL CKSMO     ; CHECKSUM & DATA OUT
                                4101
0137 00F4 7D        MOV A,L
0138 00F5 BB        CMP E          ; START[LO],END[LO] COMPARE
0139 00F6 C2        JNZ TAPE1
                                EF00
0140 00F9 7C        MOV A,H
0141 00FA BA        CMP D          ; START[HI],END[HI] COMPARE
0142 00FB C2        JNZ TAPE1
                                EF00
0143 00FE 79        MOV A,C
0144 00FF 2F        CMA
0145 0100 3C        INR A
0146 0101 CD        CALL CKSMO     ; CHECKSUM OUT
                                4101
0147 0104 C3        JMP START      ; END STORE TAPE
                                5100
0148      ::
0149      :: LOAD DATA FROM TAPE
0150      ::
0151 0107 3E01 LTAPE: MVI A,01H

```

```

***** UCOM - 8 ASSEMBL LIST ***** P 0005

0152 0109 D3FA OUT OFAH ; DMA INHIBIT
0153 0108 0E00 MVI C,0 ; C=CHECKSUM REGISTER
0154 010D CD CALL CKSMI ; DATA READ & CHECKSUM
4901
0155 0110 67 MOV H,A ; H=START ADDRESS [HI]
0156 0111 CD CALL CKSMI ; DATA READ & CHECKSUM
4901
0157 0114 6F MOV L,A ; L=START ADDRESS [LO]
0158 0115 CD CALL CKSMI ; DATA READ & CHECKSUM
4901
0159 0118 57 MOV D,A ; D=END ADDRESS [HI]
0160 0119 CD CALL CKSMI ; DATA READ & CHECKSUM
4901
0161 011C 5F MOV E,A ; E=END ADDRESS [LO]
0162 011D 22 SHLD ADRES ; START ADDRESS STORE TO ADDRESS REG
EE83
0163 0120 EB XCHG
0164 0121 22 SHLD DATA ; END ADDRESS STORE TO DATA REG
EC83
0165 0124 EB XCHG
0166 0125 2B DCX H
0167 0126 23 TAPE2: INX H
0168 0127 CD CALL CKSMI ; DATA READ & CHECKSUM
4901
0169 012A 77 MOV M,A ; DATA STORE TO MEMORY
0170 012B 7D MOV A,L
0171 012C BB CMP E ; START[LO],END[LO] COMPARE
0172 012D C2 JNZ TAPE2
2601
0173 0130 7C MOV A,H
0174 0131 BA CMP D ; START[HI],END[HI] COMPARE
0175 0132 C2 JNZ TAPE2
2601
0176 0135 CD CALL CKSMI ; DATA READ & CHECKSUM
4901
0177 0138 C2 JNZ ERROR ; IF ZERO FLAG=ZERO--->CHECKSUM ERROR
CB02
0178 013B CD CALL RGDSP
A101
0179 013E C3 JMP START ; END LOAD DATA
5100
0180 0141 F5 CKSMD: PUSH PSW ; PSW SAVE
0181 0142 81 ADD C ; CHECKSUM
0182 0143 4F MOV C,A
0183 0144 F1 POP PSW ; PSW RESTORE
0184 0145 CD CALL SRIOT ; DATA OUT
7C02
0185 0148 C9 RET
0186 0149 CD CKSMI: CALL SRIIN ; DATA READ
A002
0187 014C 47 MOV B,A ; ACC SAVE

```

PROGRAM

CE AIC

memory

ACC

ACC

ACC

ACC

PROGRAM

CE AIC

memory

ACC

ACC

ACC

ACC

***** UCOM - 8 ASSEMBL LIST ***** P 0006

```

0188 014D 81      ADD C      : CHECKSUM
0189 014E 4F      MOV C,A
0190 014F 78      MOV A,B    : ACC RESTORE
0191 0150 C9      RET
0192              ;;
0193              ;; BREAK ENTRY
0194              ;; BREAK & ONE STEP OPERATION
0195              ;;
0196 0151 E3      BRENT: XTHL   : HL<-->PC(SAVED)
0197 0152 22      SHLD PSAVE   : PC(LO) $83E0,PC(HI) $83E1 SAVED
                                E083
0198 0155 F5      PUSH PSW     : PSW SAVE
0199 0156 21      LXI H,4H
                                0400
0200 0159 39      DAD SP      : HL<--SP
0201 015A F1      POP PSW     : PSW RECOVER
0202 015B 22      SHLD SSAVE   : SP(LO) $83E2,SP(HI) $83E3 SAVED
                                E283
0203 015E E1      POP H       : HL RECOVER
0204 015F 31      LXI SP,DATA
                                EC83
0205 0162 F5      PUSH PSW    : A $83EB,F $83EA SAVED
0206 0163 C5      PUSH B      : B $83E9,C $83E8 SAVED
0207 0164 D5      PUSH D      : D $83E7,E $83E6 SAVED
0208 0165 E5      PUSH H      : H $83E5,L $83E4 SAVED
0209 0166 31      LXI SP,MONSP : SP INITIALIZE
                                D183
0210 0169 3A      LDA BRKCT
                                F283
0211 016C A7      ANA A       : BREAK COUNTER=0 ?
0212 016D CA      JZ  BSTOP    : IF ZERO ONE STEP
                                8B01
0213 0170 2A      LHLD BRKAD   LE83FE HERE+1
                                F083
0214 0173 EB      XCHG        : DE = BREAK POINTER
0215 0174 2A      LHLD PSAVE   : HL = (PC)
                                E083
0216 0177 7D      MOV A,L
0217 0178 BB      CMP E       : PC(LO)-BP(LO)
0218 0179 C2      JNZ NOBRK    : IF NON ZERO NOT BREAK
                                8501
0219 017C 7C      MOV A,H
0220 017D BA      CMP D       : PC(HI)-BP(HI)
0221 017E C2      JNZ NOBRK    : IF NON ZERO NOT BREAK
                                8501
0222 0181 21      LXI H,BRKCT
                                F283
0223 0184 35      DCR M       : BREAK COUNTER DECREMENT
0224 0185 CD      NOBRK: CALL ADDSP : (PSW) & (PC) DISPLAY
                                9101
0225 0188 C3      JMP RESRG    : REGISTER RESTOR & RETURN

```

```

0226 018B F901 BSTOP: CALL ADDSP ; (PSW) & (PC) DISPLAY
      CD 9101
0227 018E C3 JMP START
      5100
0228 0191 2A ADDSP: LHLD FSAVE ; HL=(PSW)
      EA83
0229 0194 22 SHLD DATA ; (PSW)-->DATA REG
      EC83
0230 0197 2A LHLD PSAVE ; HL=(PC)
      E083
0231 019A 22 SHLD ADRES ; (PC)-->ADDRESS REG
      EE83
0232 019D CD CALL RGDSP ; ADDRESS & DATA REG DISPLAY
      A101
0233 01A0 C9 RET
0234 ::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
0235 :: SUBROUTINE ::
0236 ::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
0237 ::
0238 :: ADDRESS,DATA REG DISPLAY
0239 ::
0240 01A1 21 RGDSP: LXI H,ADRES+1 ; HL=ADDRESS BUFFER ADDRESS
      EF83
0241 01A4 11 LXI D,DISP ; DE=DISPLAY DATA BUFFER ADDRESS
      F483
0242 01A7 0604 MVI B,4 ; COUNTER SET
0243 01A9 7E MOV A,M
0244 01AA 12 STAX D ; DISPLAY DATA STORE
0245 01AB 2B DCX H
0246 01AC 13 INX D
0247 01AD 05 DCR B
0248 01AE C2 JNZ $-5
      A901
0249 01B1 CD CALL SEGC6 ; SEGMENT CONVERT
      C001
0250 01B4 C9 RET
0251 ::
0252 :: DATA REG SHIFT (4 BITS)
0253 ::
0254 01B5 2A SHIFT: LHLD DATA
      EC83
0255 01B8 29 DAD H
0256 01B9 29 DAD H
0257 01BA 29 DAD H
0258 01BB 29 DAD H
0259 01BC 22 SHLD DATA
      EC83
0260 01BF C9 RET
0261 ::
0262 :: SEGMENT CONVERT SUB

```

***** UCOM - 8 ASSEMBL LIST ***** P 0008

```

0263      ;;
0264 01C0 21  SEGCG: LXI  H,DISP      ; HL=DISPLAY DATA ADDRESS
      F483
0265 01C3 11      LXI  D,DIG      ; DE=SEGMENT BUFFER ADDRESS
      F883
0266 01C6 01      LXI  B,SEGD      ; BC=SEGMENT DATA ADDRESS
      E901
0267 01C9 7E      MOV  A,M
0268 01CA 23      INX  H
0269 01CB E5      PUSH H
0270 01CC F5      PUSH PSW
0271 01CD E6F0    ANI  OF0H      ; MASK 'F0'
0272 01CF 0F      RRC
0273 01D0 0F      RRC
0274 01D1 0F      RRC
0275 01D2 0F      RRC      ; SHIFT RIGHT 4 BITS
0276 01D3 2600    MVI  H,0
0277 01D5 6F      MOV  L,A
0278 01D6 09      DAD  B
0279 01D7 7E      MOV  A,M      ; A=SEGMENT DATA
0280 01D8 12      STAX D      ; STORE SEGMENT DATA
0281 01D9 13      INX  D
0282 01DA F1      POP  PSW
0283 01DB E60F    ANI  OFH      ; MASK '0F'
0284 01DD 2600    MVI  H,0
0285 01DF 6F      MOV  L,A
0286 01E0 09      DAD  B
0287 01E1 7E      MOV  A,M      ; A=SEGMENT DATA
0288 01E2 12      STAX D      ; STORE SEGMENT DATA
0289 01E3 E1      POP  H
0290 01E4 1C      INR  E
0291 01E5 C2      JNZ  SEGCG+9
      C901
0292 01E8 C9      RET
0293      ;;
0294      ;; SEGMENT DATA ;;
0295      ;;
0296 01E9 5C06    SEGCG: DB  5CH,06H,5BH,4FH,66H,6DH
      5B4F
      666D
0297 01EF 7D27    DB  7DH,27H,7FH,6FH,77H,7CH,39H
      7F6F
      777C
0298 01F6 39      DB  5EH,79H,71H
      5E
      7971
0299      ;;
0300      ;; REGISTER RESTORE
0301      ;;
0302 01F9 2A      RESRG: LHLD SSAVE
      F283

```

1 < 815
1 < 81E2 SP

```

***** UCOM - 8      ASSEMBL      LIST      *****      P 0009

0303 01FC F9          SPHL          ; SP RESTORE
0304 01FD 2A          LHL D PSAVE
                                E083
0305 0200 E5          PUSH H          ; PC STORED IN USER STACK
0306 0201 2A          LHL D LSAVE
                                E483
0307 0204 E5          PUSH H          ; HL STORED BELOW USER STACK
0308 0205 2A          LHL D FSAVE
                                EA83
0309 0208 E5          PUSH H          ; PSW STORED BELOW USER STACK
0310 0209 2A          LHL D CSAVE
                                F883
0311 020C 4D          MOV C,L
0312 020D 44          MOV B,H          ; BC RESTORED
0313 020E 2A          LHL D ESAVE
                                E683
0314 0211 EB          XCHG          ; DE RESTORED
0315 0212 F1          POP PSW          ; PSW RESTORED
0316 0213 E1          POP H          ; HL RESTORED
0317 0214 FB          EI          ; INTERRUPT ENABLE
0318 0215 C9          RET          ; PC RESTORED & GO TO USER CONTROL
                                ROUTINE

0319                ;;
0320                ;; KEY INPUT
0321                ;;
0322                ;; ACC=INPUT DATA
0323                ;;
0324 0216 CD          KEYIN: CALL INPUT      ; KEY INPUT
                                2302

0325                ; KEY IN---> ACC=DATA & KFLAG SET
0326                ; NON IN---> ACC=FF & KFLAG RESET
0327 0219 47          MOV B,A          ; INPUT DATA SAVE
0328 021A 3A          LDA KFLAG          ; ACC=KEY FLAG
                                F383
0329 021D A7          ANA A
0330 021E CA          JZ KEYIN          ; IF ZERO JMP KEYIN
                                1602
0331 0221 78          MOV A,B          ; INPUT DATA RESTORE
0332 0222 C9          RET
0333                ;;
0334                ;; KEY INPUT SUB
0335                ;;
0336 0223 CD          INPUT: CALL KEY          ; KEY SCAN
                                4702
0337 0226 3C          INR A
0338 0227 CA          JZ NOKEY          ; JMP NON INPUT
                                4202
0339 022A CD          CALL D2          ; WAIT CHATTERING TIME
                                EA02
0340 022D CD          CALL KEY          ; KEY SCAN
                                4702
0341 0230 47          MOV B,A          ; INPUT DATA SAVE

```



```

***** UCOM - 8 ASSEMBL LIST ***** P.0010

0342 0231 3C      INR  A
0343 0232 CA      JZ   NOKEY      ; JMP NON INPUT
                                4202
0344 0235 3A      LDA  KFLAG      ; A=KEY INPUT FLAG
                                F383
0345 0238 A7      ANA  A
0346 0239 C2      JNZ  $-15      ; JMP IF KEY FLAG IS SET
                                2A02
0347 023C 3D      DCR  A          ; A=FFH
0348 023D 32      STA  KFLAG      ; SET KEY INPUT FLAG
                                F383
0349 0240 78      MOV  A,B        ; INPUT DATA RESTORE
0350 0241 C9      RET
0351 0242 06FF    NOKEY: MVI  B,0FFH
0352 0244 C3      JMP  $-7
                                3D02

0353          ::
0354          :: KEY SCAN & CONVERT HEXA DATA SUB
0355          ::
0356 0247 1600    KEY:  MVI  D,0
0357 0249 42      MOV  B,D
0358 024A 3EEF    MVI  A,0EFH
0359 024C D3FA    OUT  OFAH      ; PORT C SCAN LIN DATA SET
0360 024E DBF8    IN   OF8H      ; KEY SCAN 0--->7
0361 0250 EEFF    XRI  0FFH      ; COMPLEMENT
0362 0252 C2      JNZ  KEYI
                                7102
0363 0255 0608    MVI  B,8
0364 0257 3E0F    MVI  A,0DFH
0365 0259 D3FA    OUT  OFAH      ; PORT C SCAN LIN DATA SET
0366 025B DBF8    IN   OF8H      ; KEY SCAN 8--->F
0367 025D EEFF    XRI  0FFH      ; COMPLEMENT
0368 025F C2      JNZ  KEYI
                                7102
0369 0262 0610    MVI  B,10H
0370 0264 3EBF    MVI  A,0BFH
0371 0266 D3FA    OUT  OFAH      ; PORT C SCAN LINE DATA SET
0372 0268 DBF8    IN   OF8H      ; KEY SCAN FUNCTION
0373 026A EEFF    XRI  0FFH      ; COMPLEMENT
0374 026C C2      JNZ  KEYI
                                7102
0375 026F 3D      DCR  A          ; A=FFH
0376 0270 C9      RET
0377 0271 0F      KEYI: RRC
0378 0272 DA      JC   $+7        ; DATA=X-->BIT?
                                7902
0379 0275 14      INR  D
0380 0276 C3      JMP  KEYI
                                7102
0381 0279 7A      MOV  A,D
0382 027A B0      ORA  B          ; SCAN LINE--->DATA MODIFY

```

```

0383 027B C9          RET
0384                ;;
0385                ;; SERIAL OUT PUT ROUTINE
0386                ;;
0387 027C D5          SRIOT: PUSH D          ; DE REGISTER SAVE
0388 027D C5          PUSH B              ; BC REGISTER SAVE
0389 027E 0608        MVI B,8             ; BIT COUNTER SET
0390 0280 4F          MOV C,A             ; C<--ACC
0391 0281 AF          XRA A               ; SET START BIT
0392 0282 D3FA        OUT 0FAH           ; OUT PUT START BIT
0393 0284 CD          CALL D2             ; WAIT 1 BIT TIME
                                EA02
0394 0287 79          SRIOT1: MOV A,C      ; ACC<--DATA
0395 0288 E67F        ANI 7FH           ; MASK M.S.B.
0396 028A D3FA        OUT 0FAH           ; OUTPUT L.S.B.
0397 028C 79          MOV A,C
0398 028D 1F          RAR                ; DATA SHIFT
0399 028E 4F          MOV C,A
0400 028F CD          CALL D2             ; WAIT 1 BIT TIME
                                EA02
0401 0292 05          DCR B              ; BIT COUNTER DECREMENT
0402 0293 C2          JNZ SRIOT1         ; GO DO IT AGAIN
                                8702
0403 0296 3E01        MVI A,1           ; SET STOP BIT
0404 0298 D3FA        OUT 0FAH           ; OUTPUT STOP BIT
0405 029A CD          CALL D3             ; WAIT WORD INTERVAL
                                EF02
0406 029D C1          POP B              ; BC REGISTER RESTORE
0407 029E D1          POP D              ; DE REGISTER RESTORE
0408 029F C9          RET
0409                ;;
0410                ;; SERIAL INPUT ROUTINE
0411                ;;
0412 02A0 D5          SRIIN: PUSH D       ; DE REGISTER SAVE
0413 02A1 C5          PUSH B              ; BC REGISTER SAVE
0414 02A2 01          LXI B,800H         ; REGISTER INITIALIZE
                                0008
0415 02A5 DBF9        SRII1: IN 0F9H     ; GET INPUT DATA
0416 02A7 1F          RAR                ; CHECK L.S.B.
0417 02A8 DA          JC SRII1           ; JUMP BACK IF ZERO
                                A502
0418 02AB CD          CALL D1             ; WAIT 1/2 BIT TIME
                                DD02
0419 02AE DBF9        IN 0F9H            ; GET INPUT DATA
0420 02B0 1F          RAR                ; CHECK L.S.B.
0421 02B1 DA          JC SRII1           ; IF ONE START OVER
                                A502
0422 02B4 CD          CALL D2             ; WAIT 1BIT TIME
                                EA02
0423 02B7 DBF9        IN 0F9H            ; GET INPUT DATA
0424 02B9 E601        ANI 1             ; MASK OUT L.S.B.

```

***** UCUM - 2 ASSEMBL LIST ***** P 0012

```

0425 02BB 81      ADD C      : ADD C TO ACC
0426 02BC 0F      RRC      : DATA SHIFT
0427 02BD 4F      MOV C,A    : ACC SAVE TO C REG
0428 02BE 05      DCR B      : BIT COUNTER DECREMENT
0429 02BF C2      JNZ $-11   : GO BACK IF NOT END
      B402
0430 02C2 CD      CALL D2    : WAIT 1 BIT TIME
      EA02
0431 02C5 CD      CALL D2    : WAIT 1 BIT TIME
      EA02
0432 02C8 C1      POP B      : BC REGISTER RESTORE
0433 02C9 D1      POP D      : DE REGISTER RESTORE
0434 02CA C9      RET
0435 02CB 21      ERROR: LXI H,DIG : HL=SEGMENT DATA BUFFER ADDRESS
      F883
0436 02CE 3679    MVI M,79H
0437 02D0 23      INX H
0438 02D1 3680    MVI M,80H
0439 02D3 2C      INR L
0440 02D4 C2      JNZ $-3     : WRITE ERROR MESSAGE
      D102
0441 02D7 31      LXI SP,MONSP : SP INITIALIZE
      D183
0442 02DA C3      JMP START+10
      5B00
0443          ;;
0444          ;; BIT TIMER & CHATTERING TIMER
0445          ;;
0446 02DD 1624    D1: MVI D,24H : WAIT 1/2 BIT TIME 4.5112 MSEC
0447 02DF 1E0C    MVI E,0CH
0448 02E1 1D      DCR E
0449 02E2 C2      JNZ $-1
      E102
0450 02E5 15      DCR D
0451 02E6 C2      JNZ $-7
      DF02
0452 02E9 C9      RET
0453 02EA 1648    D2: MVI D,48H : WAIT 1 BIT TIME 9.0176 MSEC
0454 02EC C3      JMP D1+2
      DF02
0455 02EF 16D8    D3: MVI D,0D8H : WAIT 3 BIT TIME 27.0176 MSEC
0456 02F1 C3      JMP D1+2
      DF02
0457          ;;
0458          ;; ADDRESS TABEL
0459          ;;
0460          LSAVE: EQU 83E4H
0461          HSAVE: EQU 83E5H
0462          ESAVE: EQU 83E6H
0463          DSAVE: EQU 83E7H
0464          CSAVE: EQU 83E8H

```

***** UCOM - 8 ASSEMBL LIST *****

P 0013

0465	BSAVE: EQU	83E9H
0466	FSAVE: EQU	83EAH
0467	ASAVE: EQU	83EBH
0468	PSAVE: EQU	83E0H
0469	SSAVE: EQU	83E2H
0470	ADRES: EQU	83EEH
0471	DATA: EQU	83ECH
0472	BRKAD: EQU	83F0H
0473	BRKCT: EQU	83F2H
0474	KFLAG: EQU	83F3H
0475	DISP: EQU	83F4H
0476	DIG: EQU	83F8H
0477	MONSP: EQU	83D1H
0478	USESP: EQU	83C7H
0479	RST2: EQU	83D1H
0480	RST3: EQU	83D4H
0481	RST4: EQU	83D7H
0482	RST5: EQU	83DAH
0483	RST6: EQU	83DDH
0484	END	

***** UCOM - 8 ASSEMBL LIST *****

P 0001

MONST	003B	START	0051	RST2	83D1	RST3	83D4
RST4	83D7	RST5	83DA	RST6	83DD	BRENT	0151
DATA	83EC	USESP	83C7	SSAVE	83E2	MONSP	83D1
SEGC6	01C0	KEYIN	0216	DIGIT	0084	TABL	0074
GOTO	00CC	RESRG	01F9	ADSET	0094	ADDCX	00B8
ADINX	009D	MEMW	00C2	STAPE	00D5	LTAPE	0107
SHIFT	01B5	RGDSP	01A1	ADRES	83EE	MEMR	00AD
ADSTR	00A4	PSAVE	83E0	CKSMO	0141	TAPE1	00EF
CKSMI	0149	TAPE2	0126	ERROR	02CB	SRIOT	027C
SRIIN	02A0	BRKCT	83F2	BSTOP	018B	BRKAD	83F0
NOBRK	0185	ADDSP	0191	FSAVE	83EA	DISP	83F4
DIG	83F8	SEGD	01E9	LSAVE	83E4	CSAVE	83E8
ESAVE	83E6	INPUT	0223	KFLAG	83F3	KEY	0247
NOKEY	0242	D2	02EA	KEYI	0271	SRI01	0287
D3	02EF	SRI11	02A5	D1	02DD	HSAVE	83E5
DSAVE	83E7	BSAVE	83E9	ASAVE	83EF		

第4章 モニタ・サブルーチン

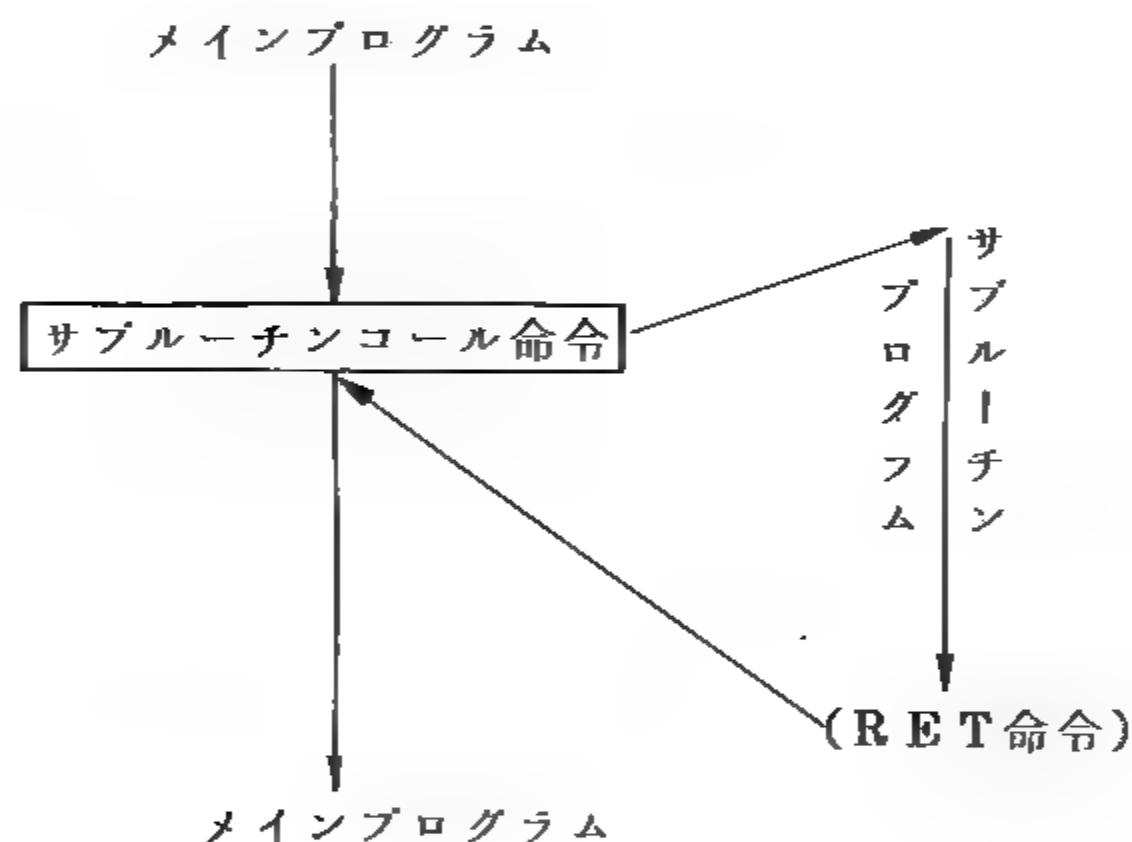
4.1 概 要

モニタプログラムは、メインプログラムのほかにいくつかのサブルーチンプログラムで構成されています。

サブルーチンプログラムとは、繰り返し行われる処理や、だれもが行うような処理等を1つの一連のプログラムとしてまとめたものです。

プログラムを組む時に、次に述べるような処理が必要なとき、プログラムにサブルーチンコール命令を書くだけで、簡単サブルーチンプログラムを呼び出して使用することができます。

図4-1 サブルーチンのコール



この説明書では、TK-80モニタプログラムを構成しているサブルーチンのうち、一般性のあるもの、特にアプリケーションプログラムを書く上で有効であると思われるものについて、その機能および入出力条件について説明します。

4.2 サブルーチンの考え方

・メインプログラムからサブルーチンをコールした場合、サブルーチンでの処理が終了した場合のもどり番地（リターンアドレス）を記憶しておくことが必要です。

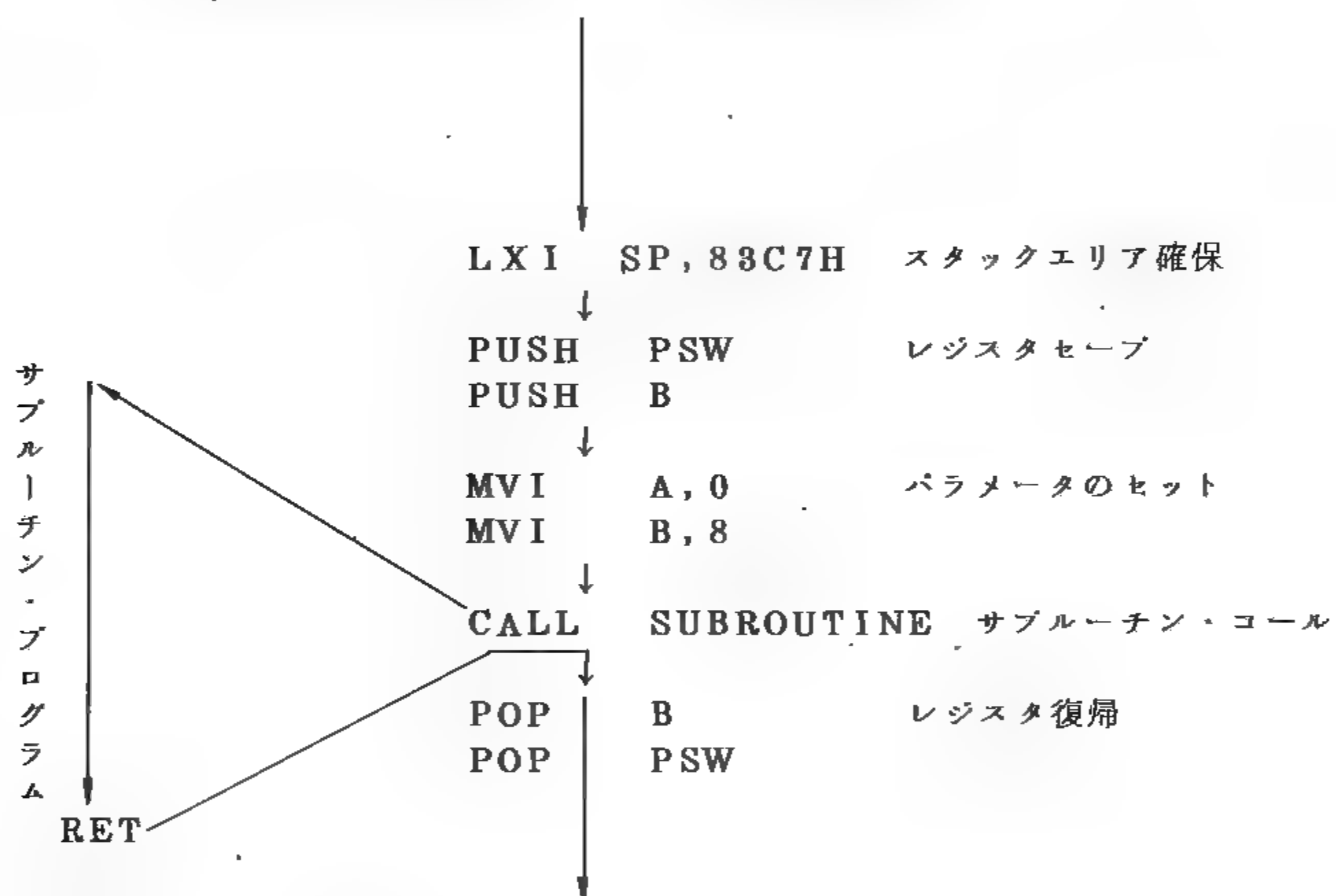
このもどり番地は、サブルーチンがコールされたときに、スタックポインタが指しているプッシュ・ダウン・スタックに自動的に書き込まれて、サブルーチンの終わりでRET（リターン）命令を実行すると、引用されてもとのプログラムに戻ることができます。なおユーザプログラムの中でスタックポインタを操作する命令を使った場合には別の注意が必要です。

プログラムを **RUN** キーで走らせた直後のスタックポインタは 83C7H にセットされています。

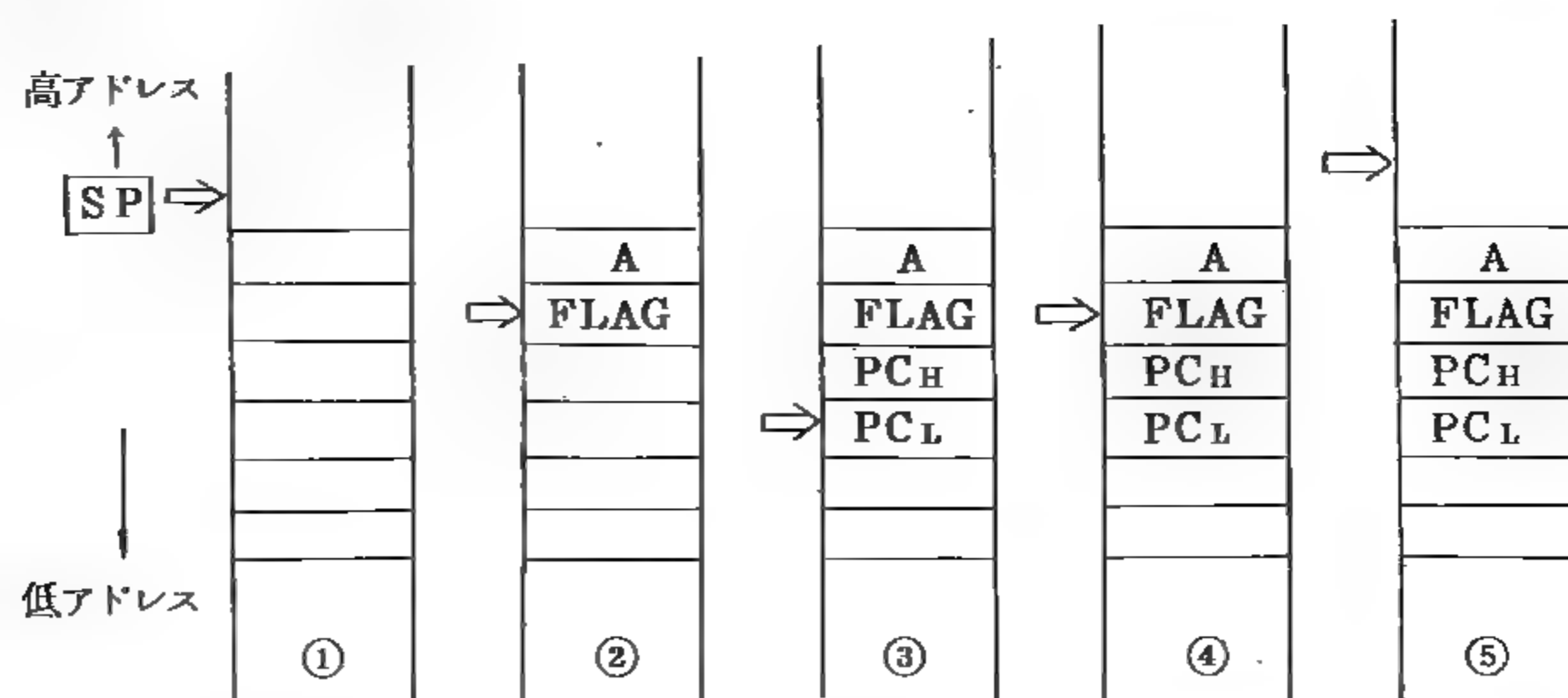
またサブルーチンをコールする場合、その入出力条件というものを常に考えておかなければなりません。

つまりサブルーチンを実行する際、サブルーチン内で使うデータのセット方法やサブルーチン内で処理された結果得られたデータのセット状態、またサブルーチン内で値が破壊されてしまうレジスタは何か、というようにことを調べた上で必要なデータを得るとともに、メインルーチンで必要なデータがサブルーチン内で破壊されないような対策をこころずる必要があります。

図4 2 サブルーチン・コールの手続き例

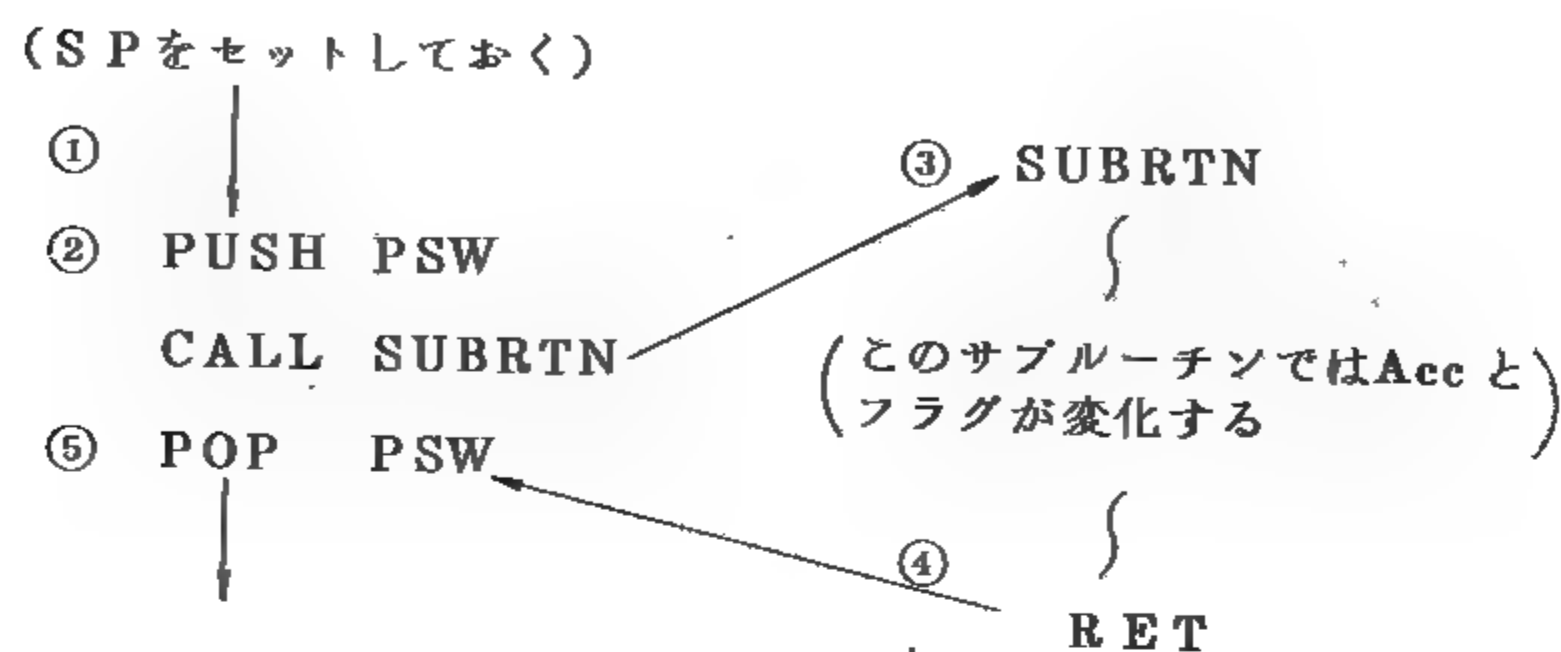


(1) 基本的なスタック操作の例



- ① SPはスタックの開始アドレスを示しています。
- ② AとFLAGがスタックに書かれ、SPは (2) されます。
- ③ 戻り番地がスタックに書かれ、SPは (- 2) されます。

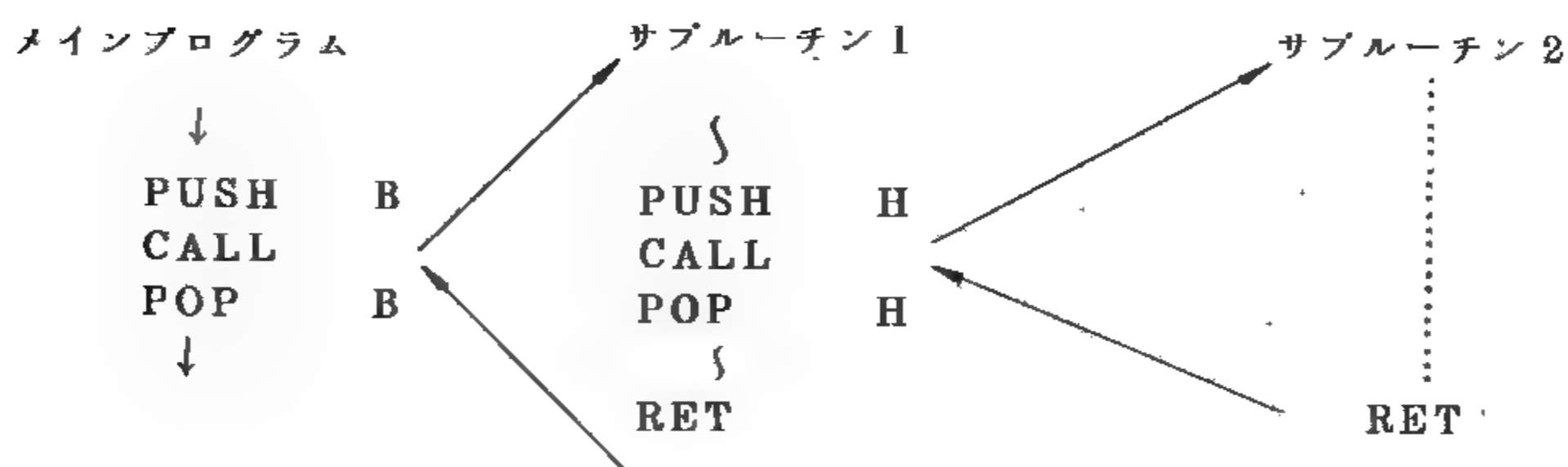
- ④ 戻り番地が引用され，SPは(+2)されます。
- ⑤ Accとフラグが復帰され，SPは(+2)されます。

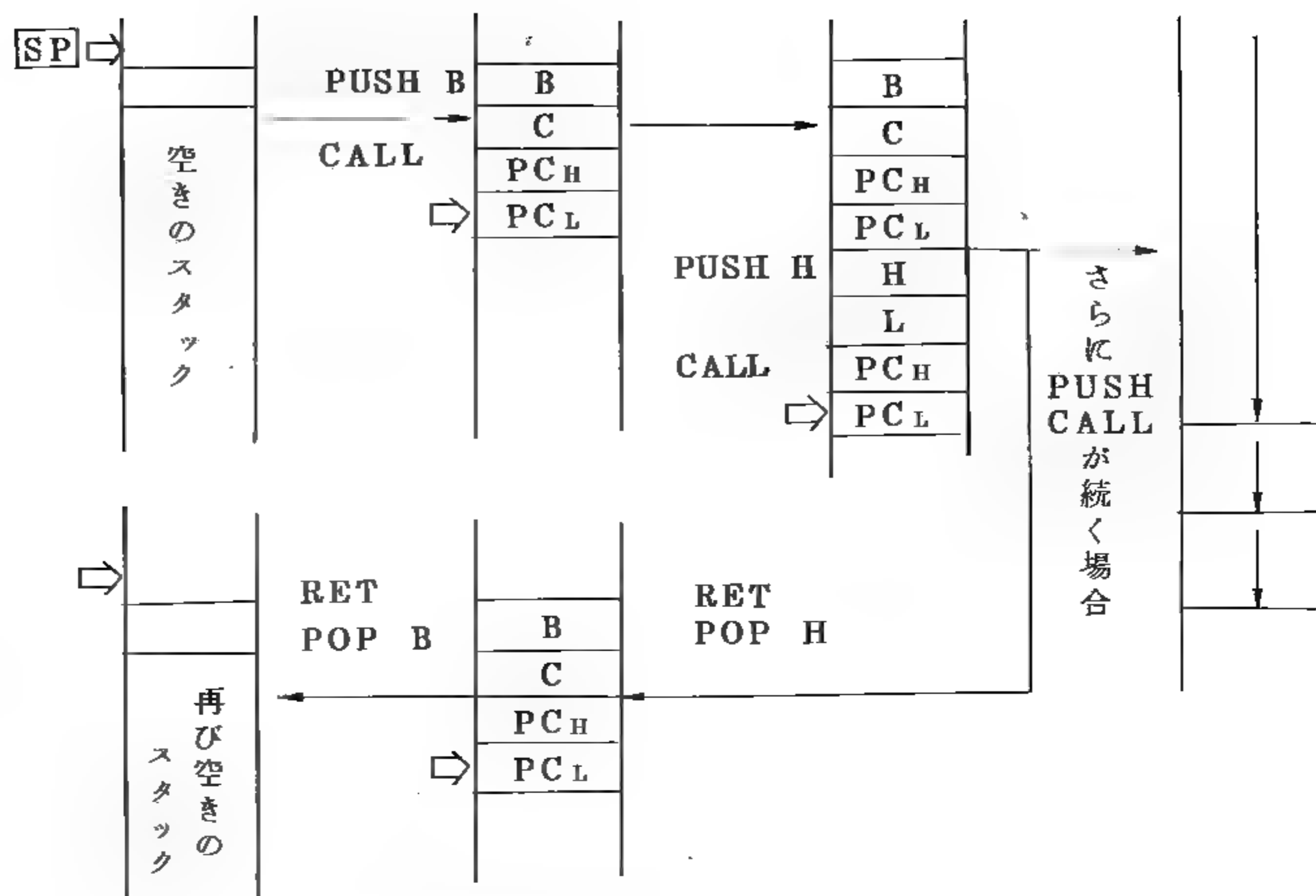


このプログラムでは，サブルーチン処理した後もAccとフラグの内容を破壊させないために，サブルーチンに入る直前にスタックに退避させ，戻ってからすぐ復帰させています。ここでスタックポインタは，図の①～⑤のように動きます。このような動きをするスタックをプッシュ・ダウン・スタックと呼びます。

μPD8080Aでは，スタックに書き込む(PUSH命令を実行する)とスタックポインタ(SP)の値は自動的に2番地デクリメントされ，スタックから読み出す(POP命令を実行する)と，逆に2番地インクリメントされます。従ってPUSH命令やCALL命令を続けて実行させると，スタックの先頭番地はどんどん下がってきます(スタックが深くなるといいます)が，POP，RET命令を同じ回数だけ実行するとスタックの先頭アドレスは元に戻り，スタックの内容は空になります。この様子を図示すると図4-3のようになります。

図4-3





4.3 サブルーチンの機能説明

次に示す7つのサブルーチンについてこれから説明します。

- ・ セグメントデータ変換サブルーチン
- ・ アドレスレジスタ、データレジスタ表示サブルーチン
- ・ キー入力サブルーチン(1)
- ・ キー入力サブルーチン(2)
- ・ シリアル出力サブルーチン
- ・ シリアル入力サブルーチン
- ・ タイマ・サブルーチン

スタート番地

01 C0
01 A1
02 23
02 16
02 7C
02 A0

D1 4.5112ms 02 DD
D2 9.0176ms 02 EA
D3 27.0176ms 02 EF

4.3.1 セグメントデータ変換サブルーチン

(1) サブルーチン名

SEGCG

(2) スタート番地

01 C0 番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ なし

出力パラメータ なし

使用レジスタ A, F, B, C, D, E, H, L

使用スタック 2レベル

(4) 機能

ディスプレイ・レジスタ・エリアの4ワードに格納されているデータの上位4ビット、下位

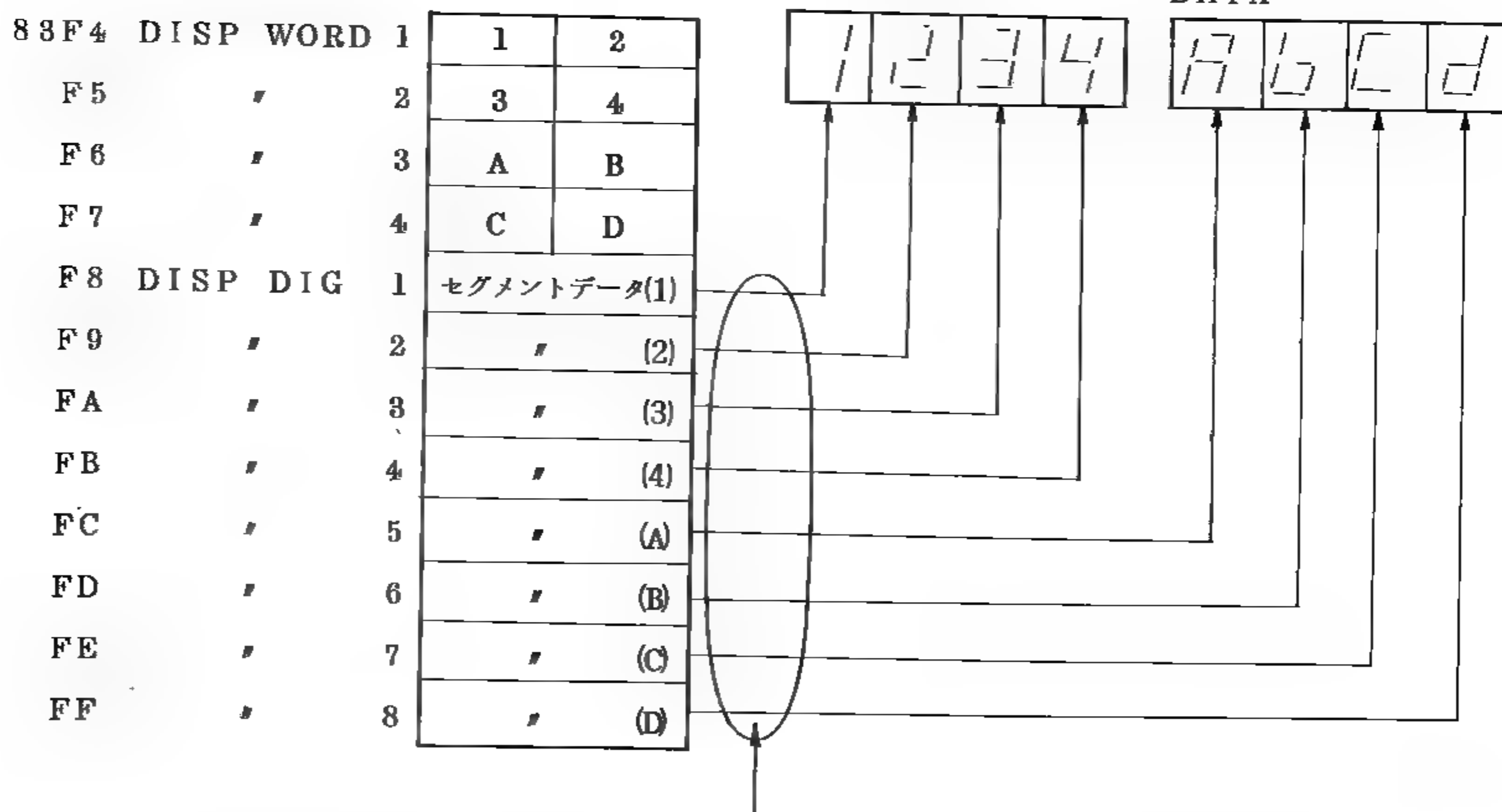
4ビットを各々16進とみなして、LEDの7セグメントデータに変換し、セグメント・データ・バッファに転送します。

従って16進数をLEDに表示させたい場合には、表示したい数値をディスプレイ・レジスタ・エリアにセットしてから、このサブルーチンをコールするだけです。

各レジスタおよびLEDディスプレイにおけるデータ転送の関係は、次のようになっています。

(ディスプレイ・レジスタ)	データ変換	(セグメント・データ・バッファ)
DISP WORD1〔上位4ビット〕.....→		DISP DIG1
DISP WORD1〔下位4ビット〕.....→		DISP DIG2
DISP WORD2〔上位4ビット〕.....→		DISP DIG3
DISP WORD2〔下位4ビット〕.....→		DISP DIG4
DISP WORD3〔上位4ビット〕.....→		DISP DIG5
DISP WORD3〔下位4ビット〕.....→		DISP DIG6
DISP WORD4〔上位4ビット〕.....→		DISP DIG7
DISP WORD4〔下位4ビット〕.....→		DISP DIG8

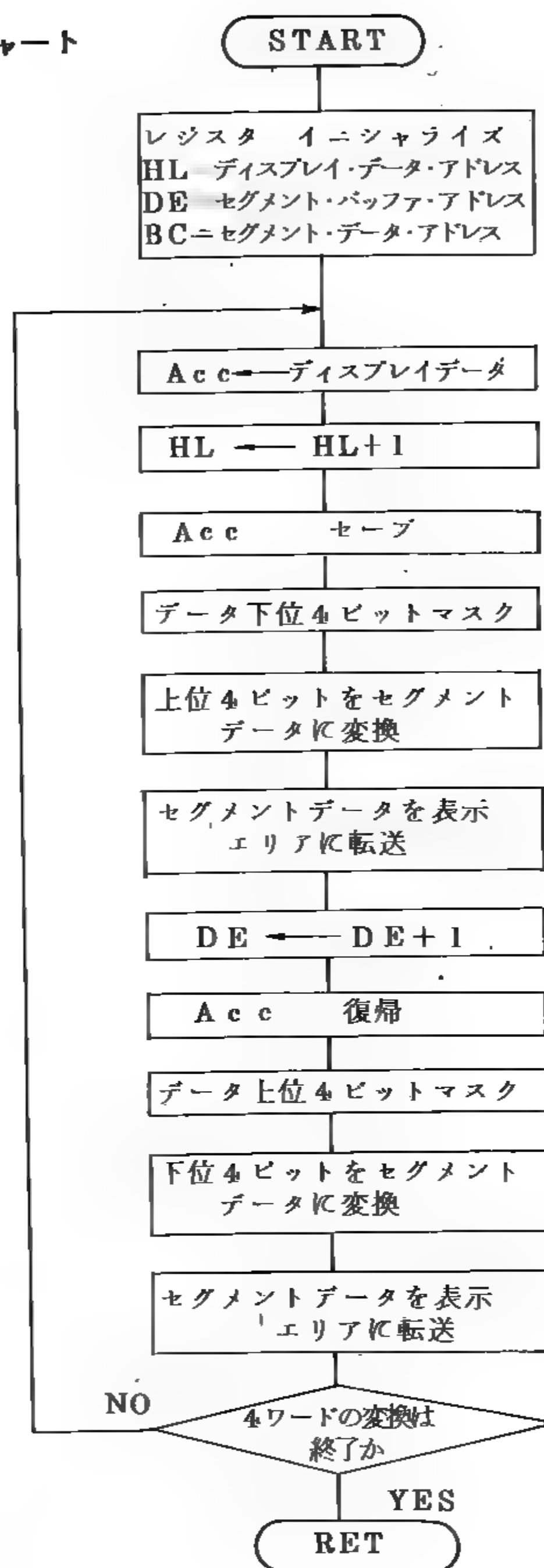
番地



セグメントの組み合わせに変換されたデータは、1桁ずつ周期的に表示回路に送られLEDをダイナミック点灯しています。

TK-80ではDMA (ダイレクト・メモリ・アクセス) 転送という方式を用いていますので、この処理はプログラムを書かなくても自動的に行われます。

(5) フローチャート



(6) 使用例

8200	MVI	A, 1	3E01	①
8202	STA	83F4H	32F483	
8205	MVI	A, 23H	3E23	
8207	STA	83F5H	32F583	
820A	MVI	A, 45H	3E45	
820C	STA	83F6H	32F683	
820F	MVI	A, 67H	3E67	
8211	STA	83F7H	32F783	②
8214	CALL	SEGCG	CDC001	
8217	HLT		76	

- ① 表示したいデータをディスプレイ・レジスタにセットします。
- ② 変換ルーチンをコールします。

このプログラムでLED表示部には、0 1 2 3 4 5 6 7 が表示されます。

備考 データの種類が何であっても、必ず0～Fまでの16進数として表示されます。

4.3.2 アドレスレジスタ，データレジスタ表示サブルーチン

(1) サブルーチン名

RGDSP

(2) スタート番地

01A1番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ なし

出力パラメータ なし

使用レジスタ A, F, B, C, D, E, H, L

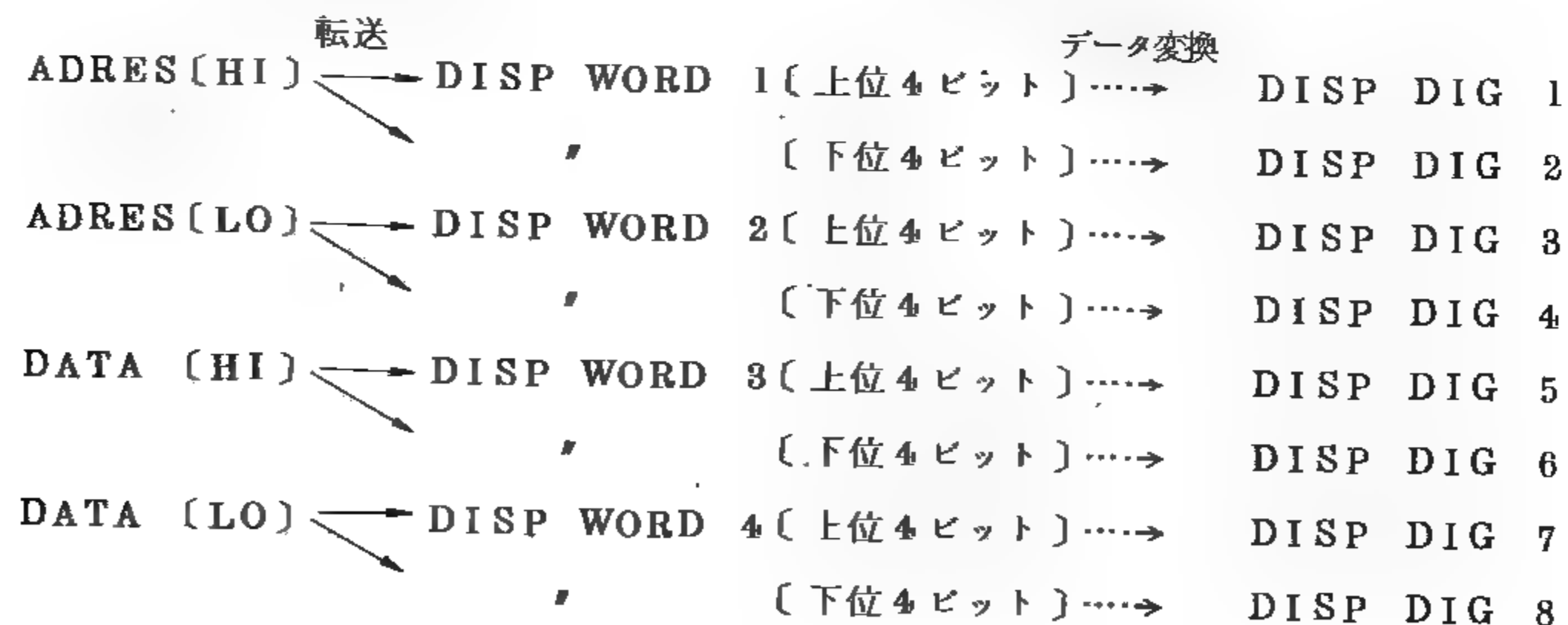
使用スタック 3レベル

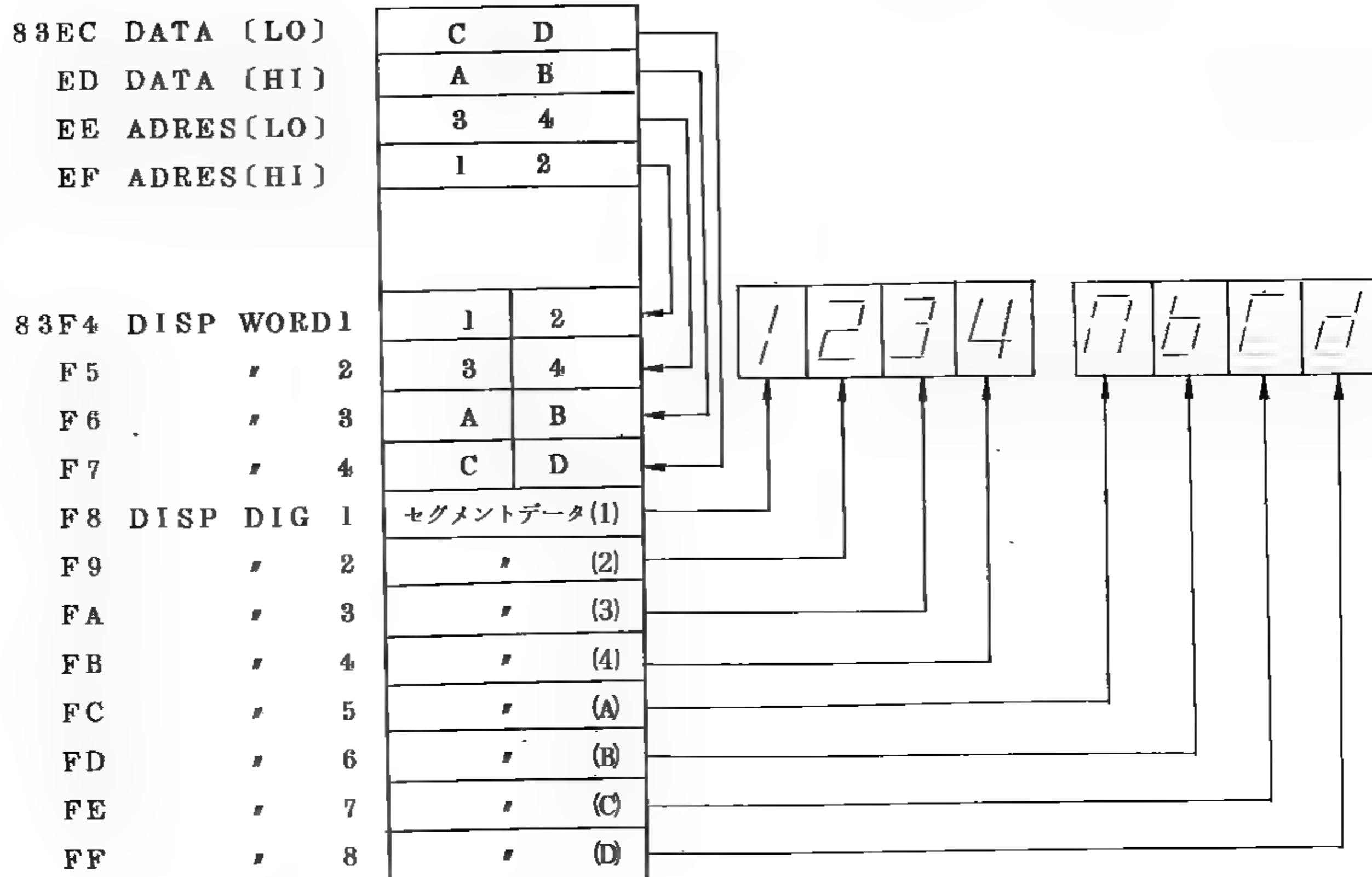
(4) 機能

アドレスレジスタおよびデータレジスタにセットされているデータをディスプレイ・レジスタに転送し、さらに各データの上位4ビット，下位4ビットを各々16進数として各々セグメントデータに変換して、セグメント・データ・バッファに転送します。

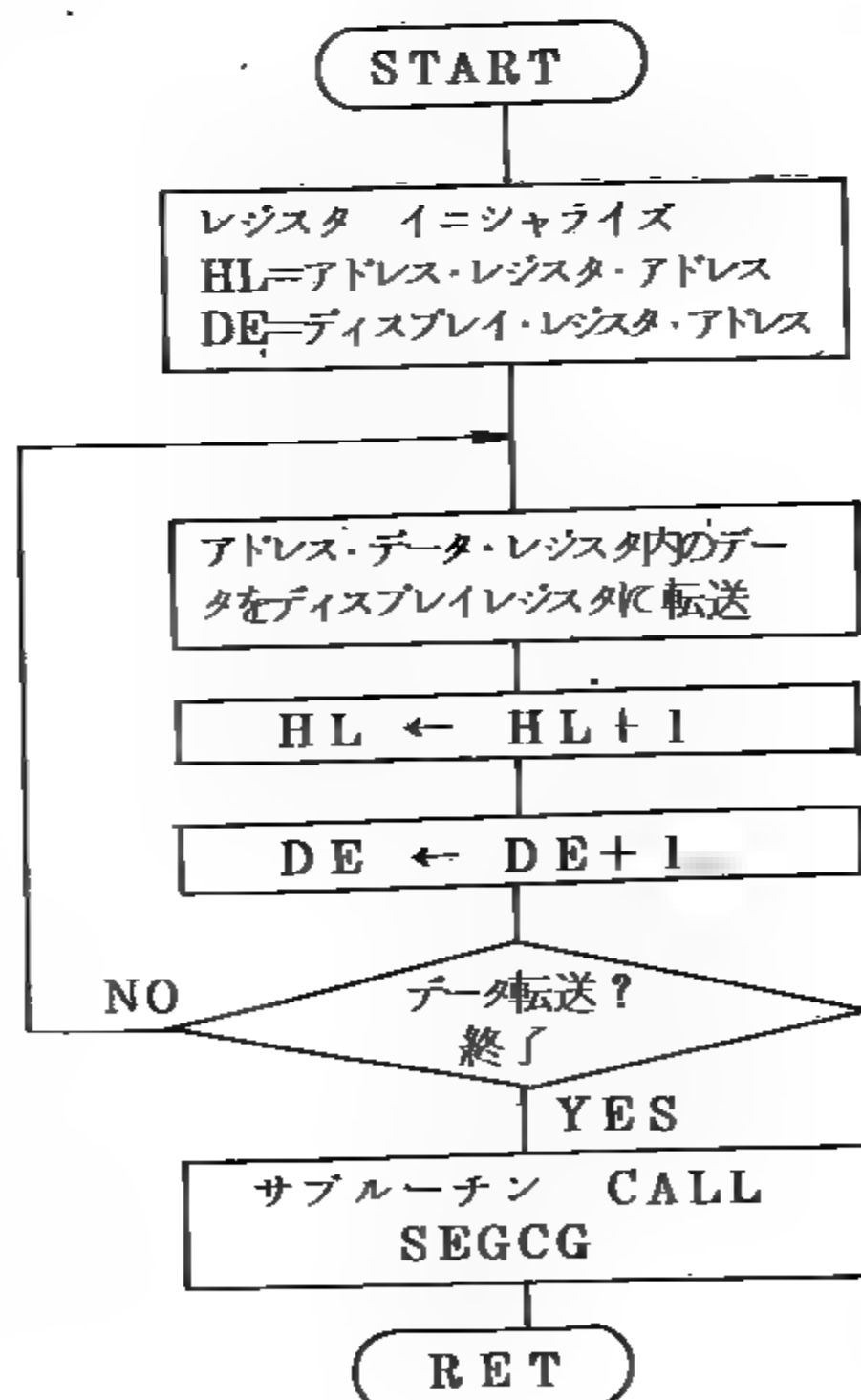
これにより、アドレスレジスタおよびデータレジスタにセットされているデータを、LEDディスプレイに表示させることができます。

各レジスタおよびLEDディスプレイにおけるデータ転送の関係は、次のようになっています。





(5) フローチャート



(6) 使用例

HLレジスタの内容をアドレス・ディスプレイに、DEレジスタの内容をデータ・ディスプレイに表示します。

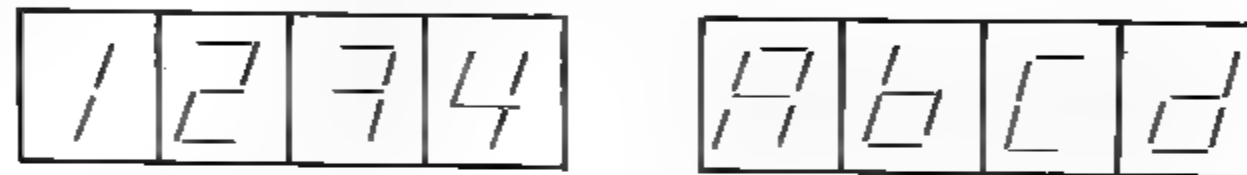
8200	LXI	H, 1234H	21	34	12
	LXI	D, 0ABCDH	11	CD	AB
	SHLD	ADRES	22	EE	83
	XCHG		EB		
	SHLD	DATA	22	EC	83
	CALL	RGDSP	CD	A1	01
	HLT		76		

ADRES : 83EE番地

DATA : 83EC番地

RGDSP : 01A1番地

LEDディスプレイの表示は次のようになります。



4.3.3 キー入力サブルーチン(1)

(1) サブルーチン名

INPUT

(2) スタート番地

0223番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ なし

出力パラメータ キー入力なし A=FF

キークラブ=00 (83F3番地)

キー入力あり A=入力データ[HEXA]

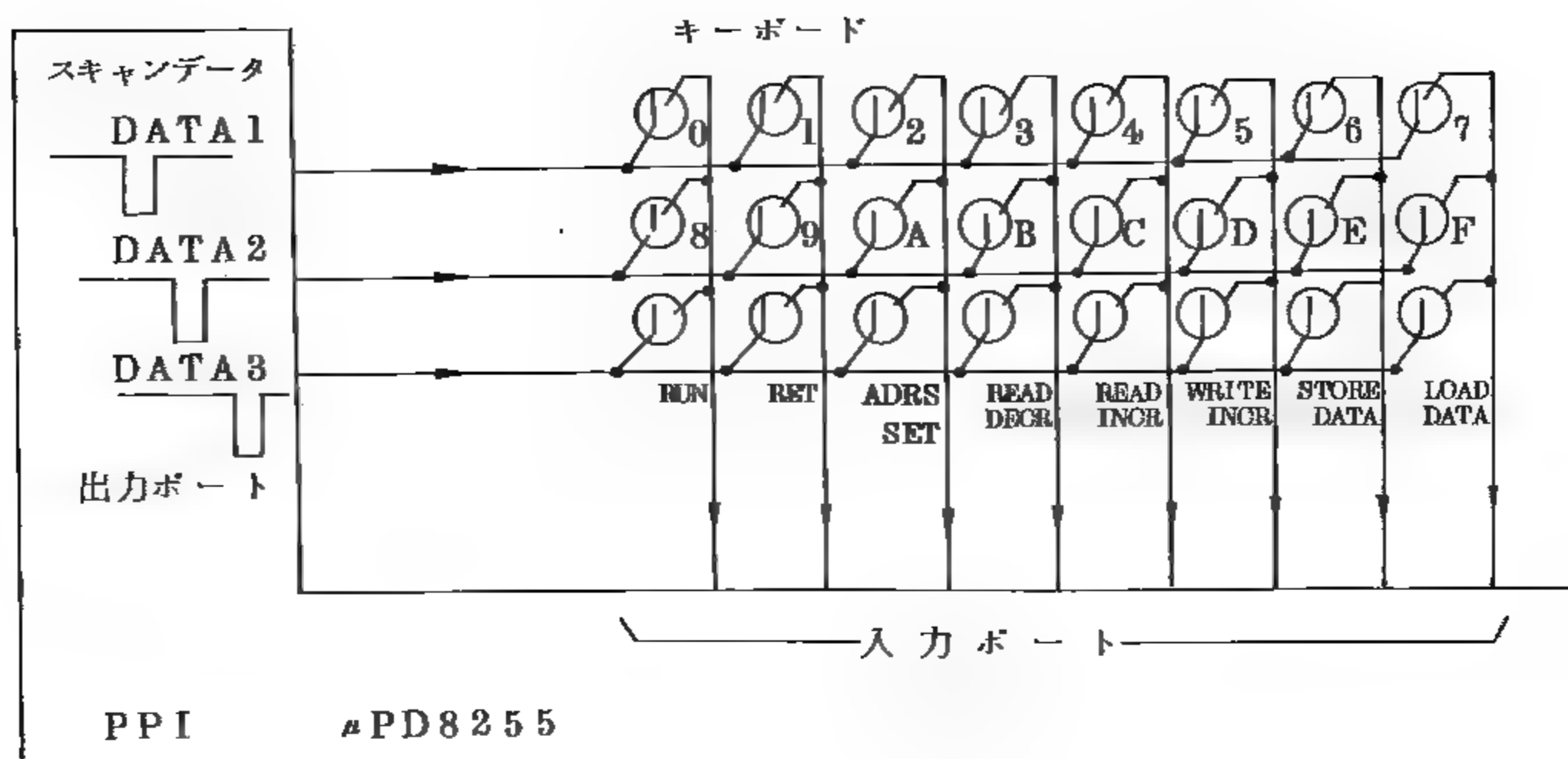
キークラブ=FF (83F3番地)

使用レジスタ A, F, B, D, E

使用スタック 1レベル

(4) 機能

キー入力があるかどうかを、すべてのキーボードスイッチについて1回ずつ調べます。(実際は次の図のように3つのブロックごとに8キー同時に調べます)。



1回のスキャンニングにおいて、どのキーボード・スイッチも押されていない場合は、キーフラグをリセットした後、アキュムレータにデータ「FF」をセットし、リターンします。

1回のスキャンニングにおいて、キーボード・スイッチが押されていることが検出された場合、キーフラグをセンスして、新しく押されたキーかどうかを調べます。

もしこれが前から押し続けられているものであった場合、離されるまで待ち、離されるとキーフラグをリセットした後アキュムレータにデータ「FF」をセットしてリターンします。

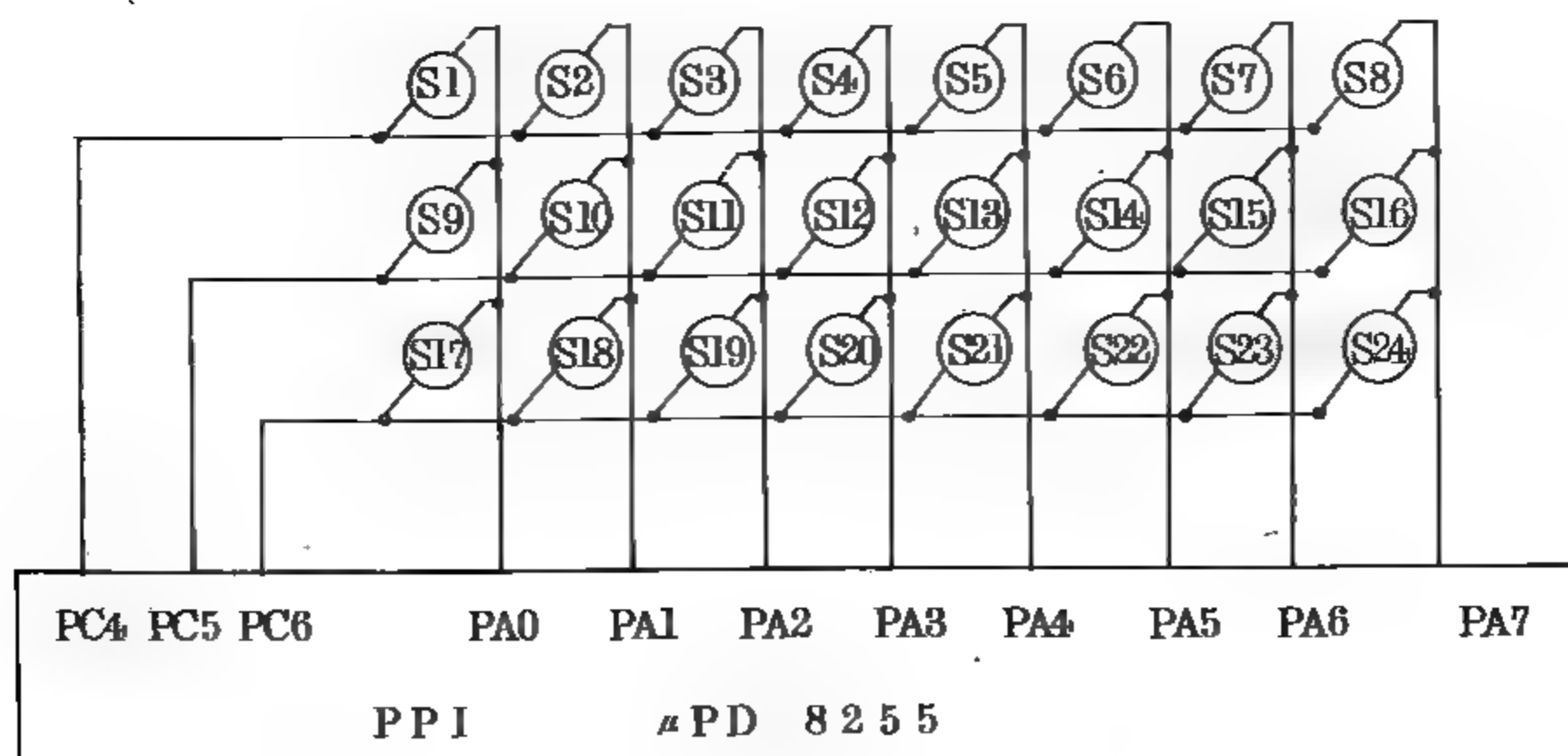
またこれが今回はじめて押されたものである場合は、チャタリング・タイマの設定時間だけ待ち合わせた後、アキュムレータにはキー入力的位置に対応した16進データをセットし、キーフラグをセットした後リターンします。

このサブルーチンを使用すれば、プログラムに何らかの処理を実行させながら、キーの状態をモニタすることができます。

キーボードをセンスした場合、CPUにはキーが押されていない場合は、「FF」（すべてのビットに「1」が立っている）、キーが押されている場合は、押されたキーに対応するビットだけが、「0」となっているデータが読み込まれます。

本サブルーチンでは、キーが押されていることが検出されると、そのキーに対応する16進データに変換します。

キーボードスイッチと変換されるデータとの関係は次のようになります。

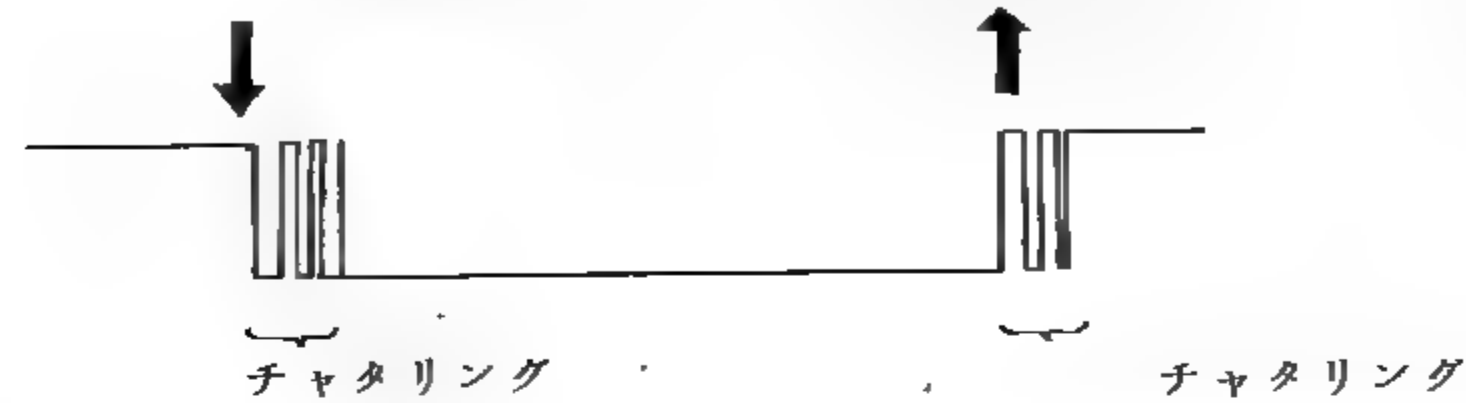


	DIGIT & FUNCTION	HEXA DATA
S 1	0	0 0
2	1	0 1
3	2	0 2
4	3	0 3
5	4	0 4
6	5	0 5
7	6	0 6
8	7	0 7
9	8	0 8
1 0	9	0 9
1 1	A	0 A
1 2	B	0 B
1 3	C	0 C
1 4	D	0 D
1 5	E	0 E
1 6	F	0 F
1 7	R U N	1 0
1 8	R E T	1 1
1 9	A D R S S E T	1 2
2 0	R E A D D E C R	1 3
2 1	R E A D I N C R	1 4
2 2	W R I T E I N C R	1 5
2 3	S T O R E D A T A	1 6
2 4	L O A D D A T A	1 7

備考 キースイッチに付けられている数字とファンクション名は、モニタプログラムで解釈される意味に合わせてありますが、キーの位置とその意味付けは、プログラムの処理のみで決まるものですから、同じキーに違った意味をもたせて使用することもできます。

キー・チャタリングをどのように処理しているか

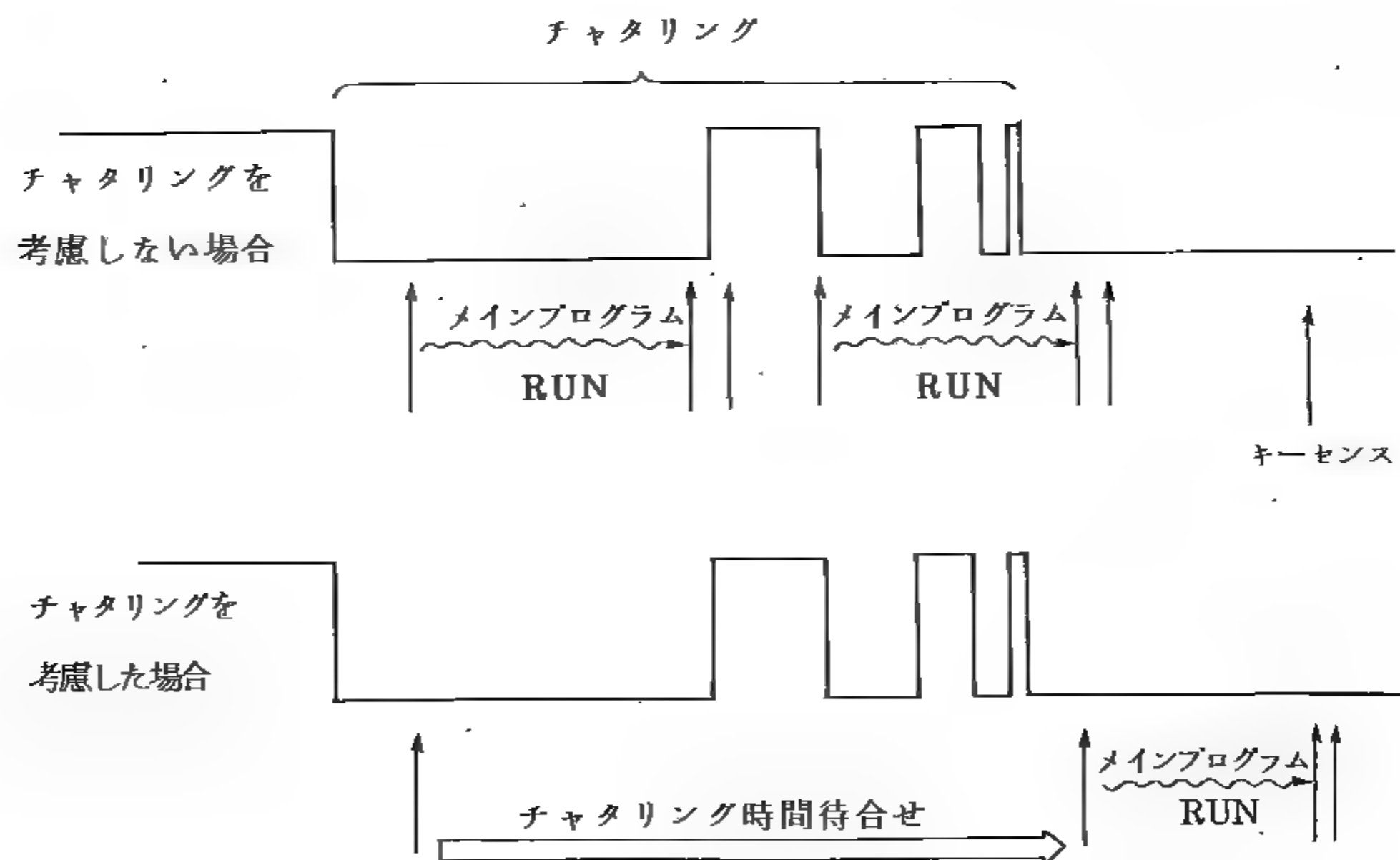
メカニカルタイプのスイッチでは、その操作時に必ずチャタリングが生じます。



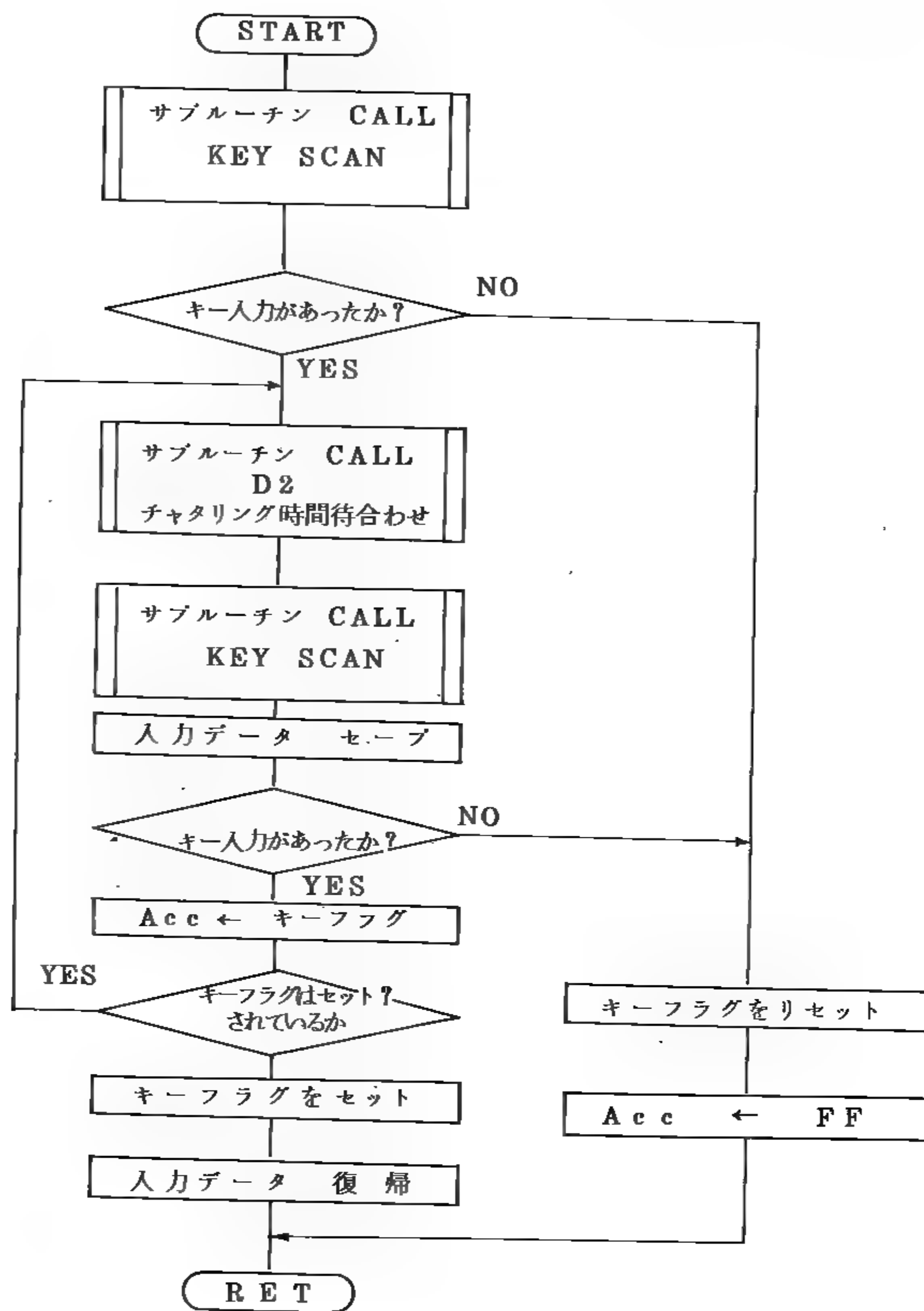
本キットで使用しているキーボードスイッチのチャタリング時間は、最大5msec となっています。

このサブルーチンでは、このチャタリングを考慮してキー入力を検出すると、チャタリングの時間を待ち合わせ、もう一度キーセンスを行うことによって、チャタリング時間中にプログラムが走り出さないようになっています。

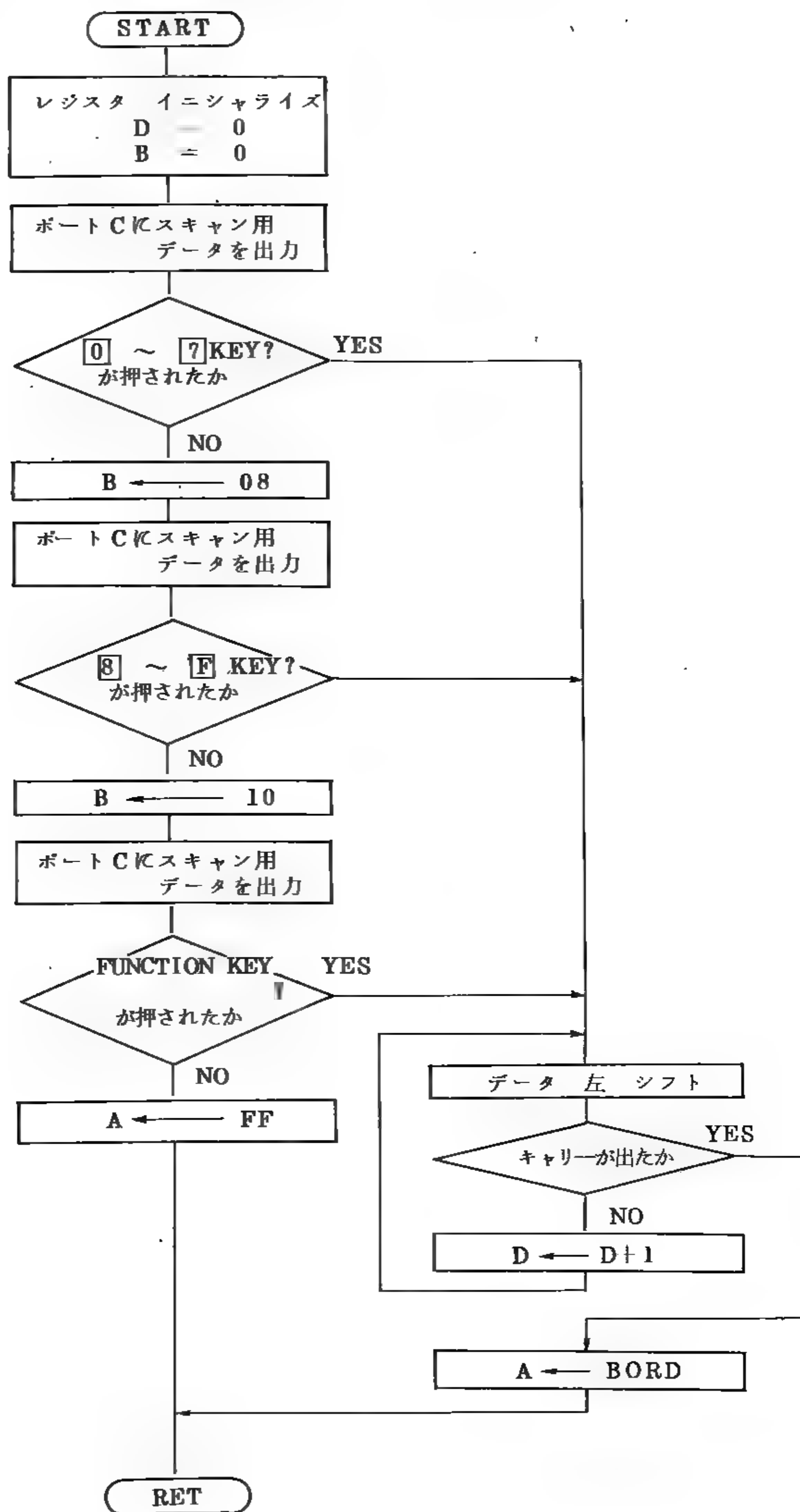
これを行わない場合、次の図のように 度しかキーを押さないのに、2度以上動作を行ってしまう可能性があります。



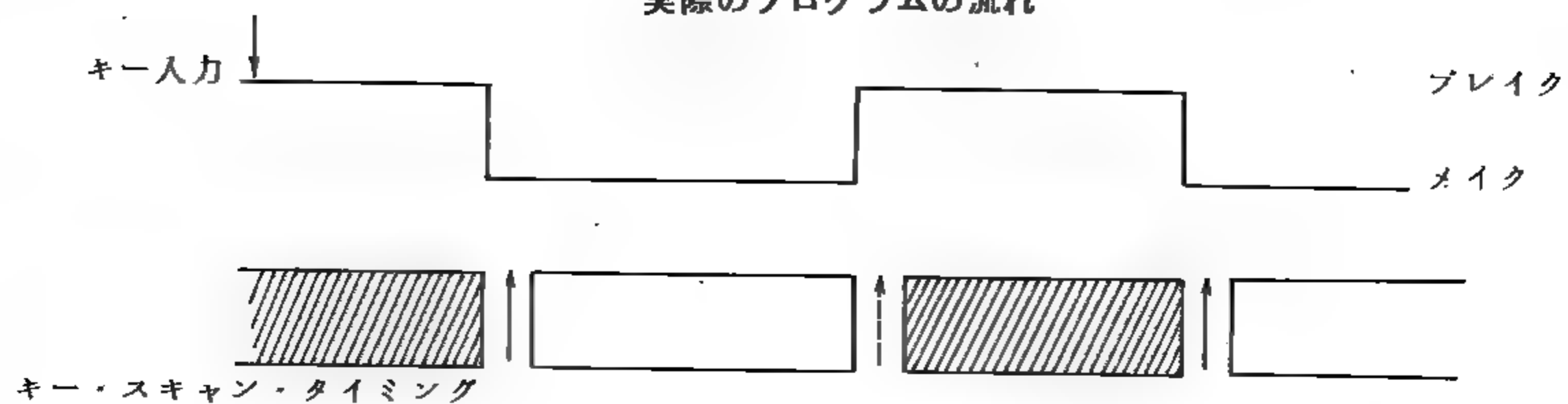
(5) フローチャート



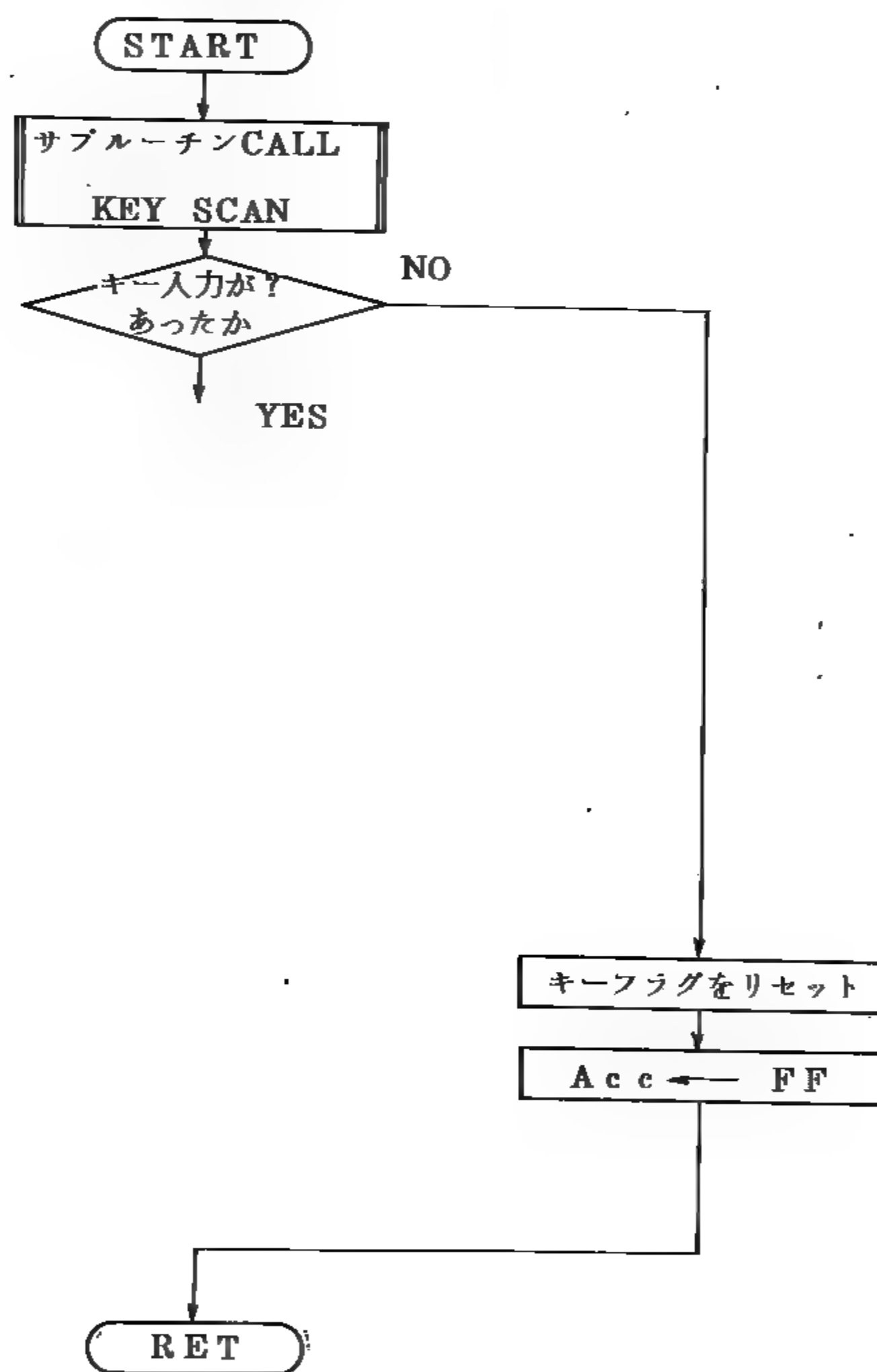
キースキャンサブルーチン KEY SCAN

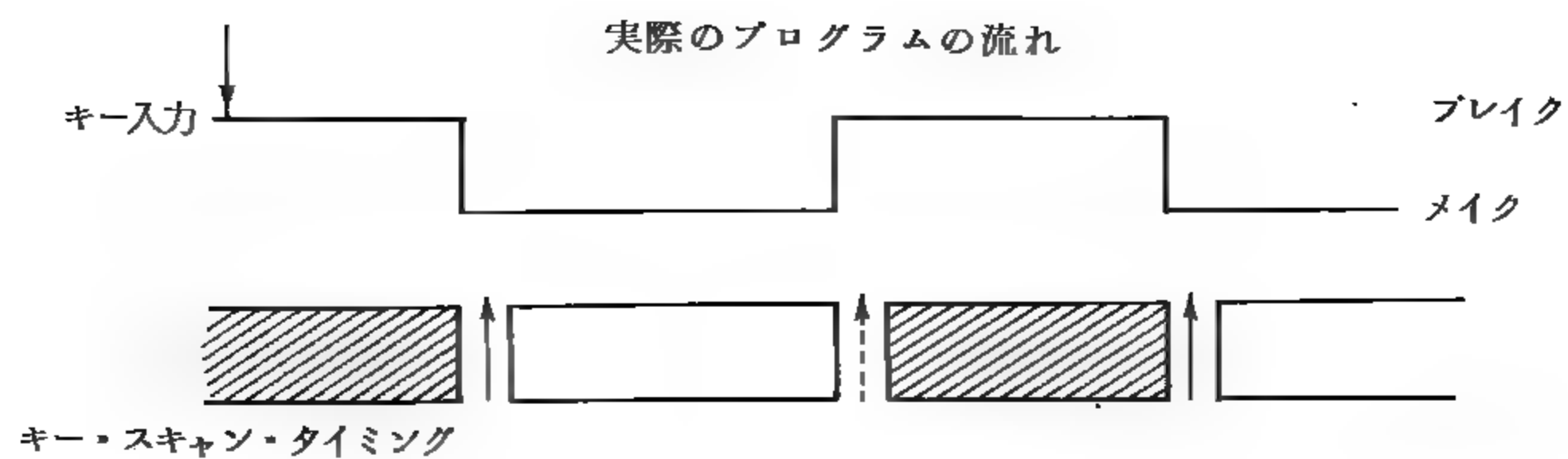


実際のプログラムの流れ

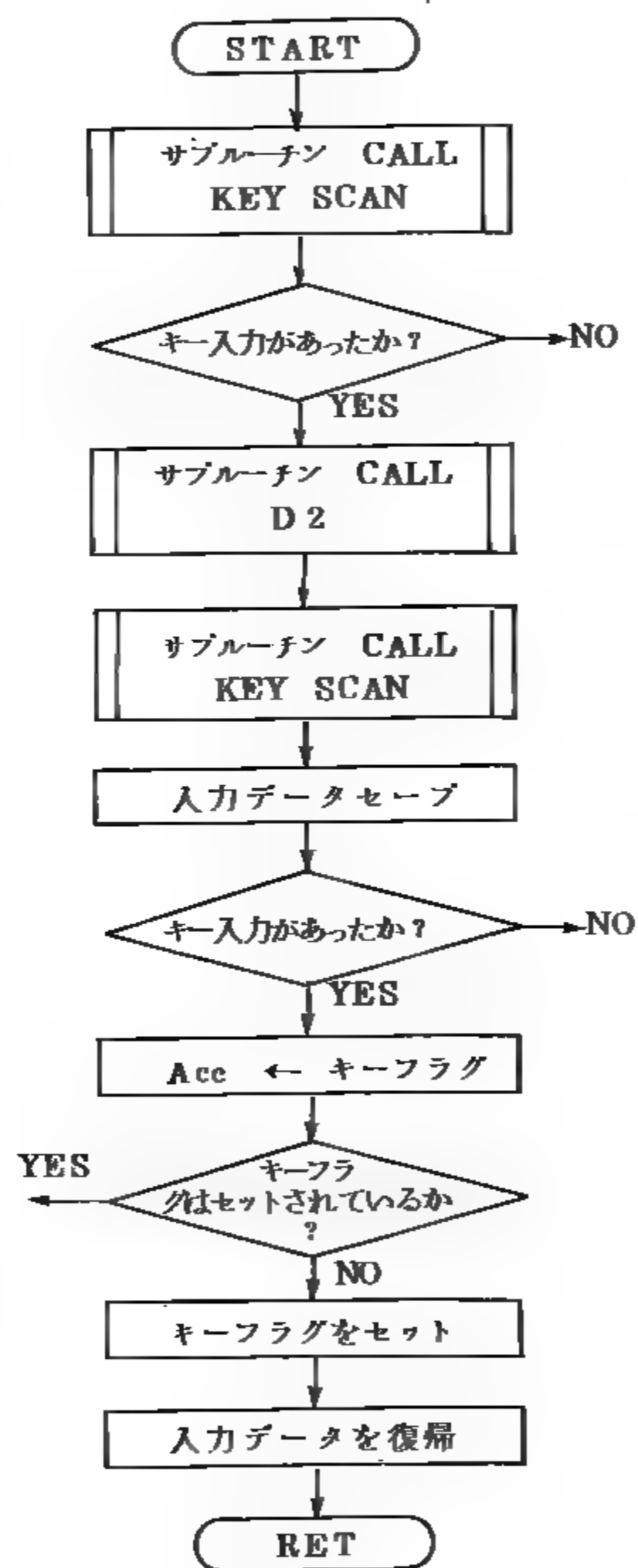


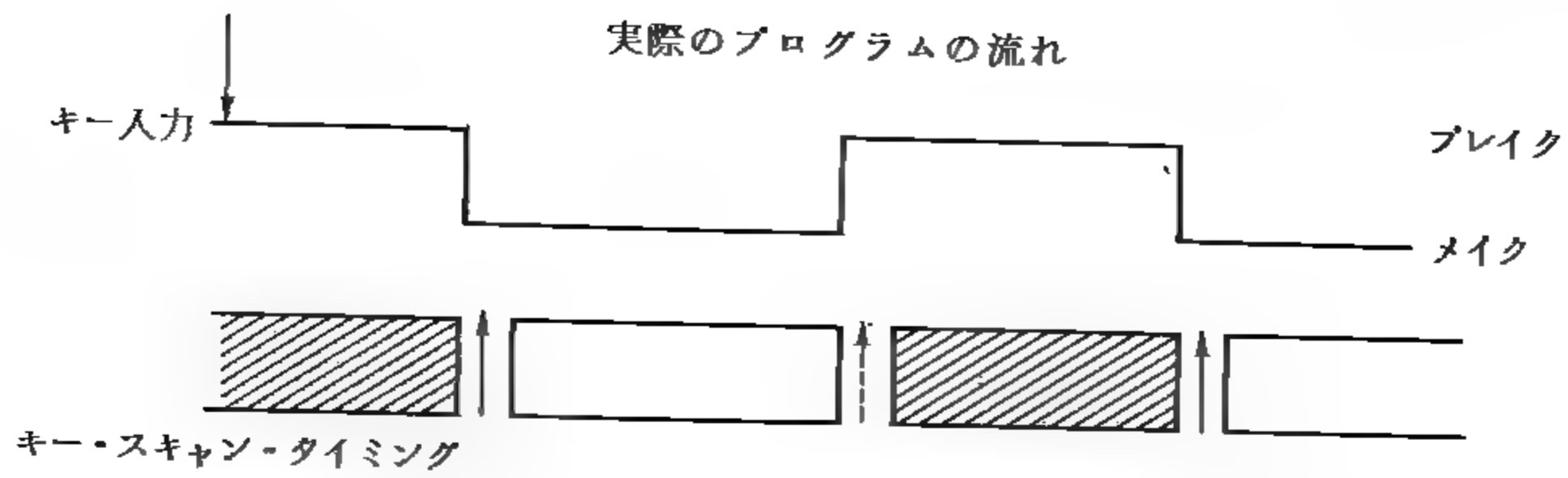
領域でキースキャンが行われた場合のプログラムの流れ



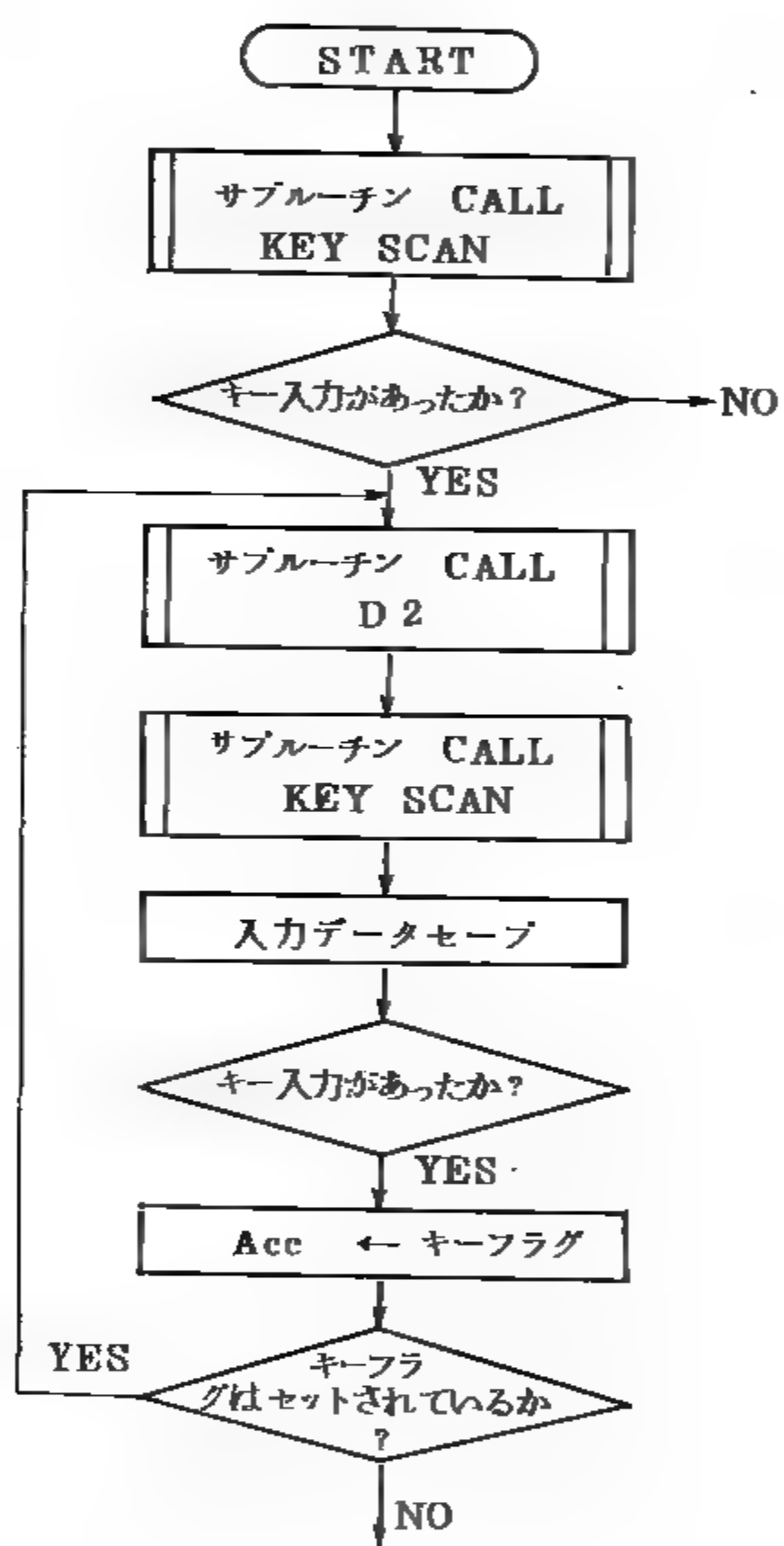


・↑ のあるタイミングでキー・スキャンが行われた場合のプログラムの流れ（はじめてキーが押された場合）

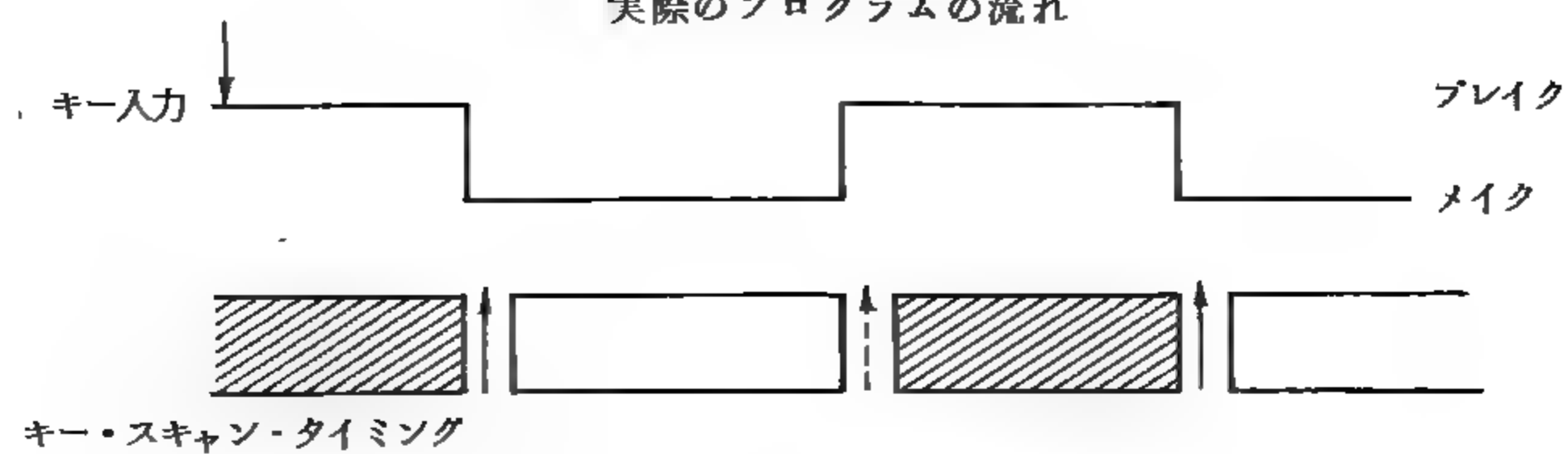




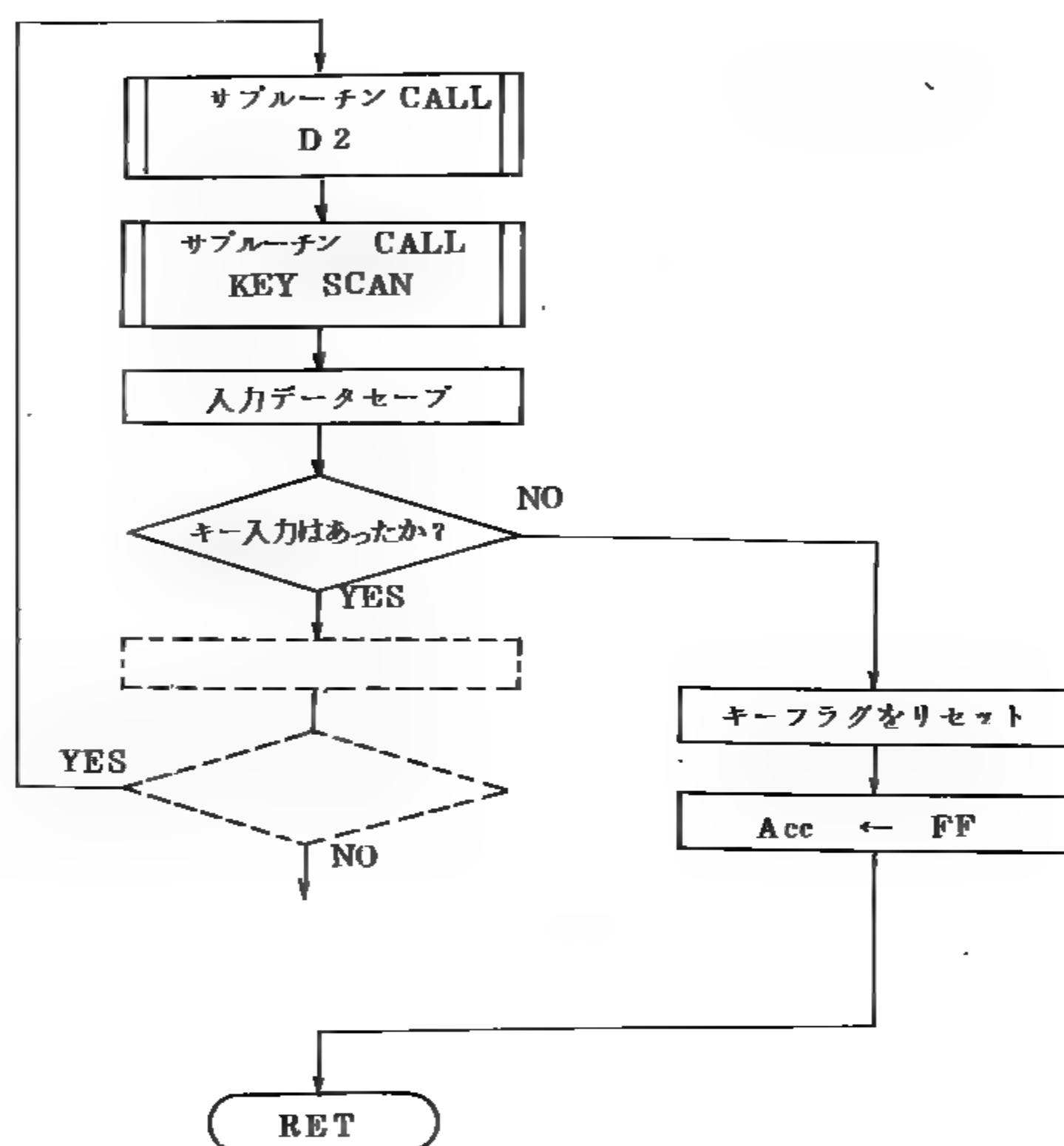
領域でキースキャンが行われた場合のプログラムの流れ



実際のプログラムの流れ



このタイミングでキースキャンが行われた場合のプログラムの流れ (キーが離された時)



(6) 使用例

8200	00	XRA	A	AF		
	01	LXI	SP, 83C6H	31	C6	83
	04	STA	83ECH	32	EC	83
	07	PUSH	PSW	F5		
	08	CALL	RGDSP	CD	A1	01
	0B	CALL	WAIT	CD	1C	82
	0E	POP	PSW	F1		
	11	INR	A	3C		
	14	PUSH	PSW	F5		
	17	CALL	INPUT	CD	23	02
	1A	INR	A	3C		
	1D	JNZ	8228H	C2	28	82
	1E	POP	PSW	F1		
	21	JMP	8201H	C3	01	82
821C	WAIT	LXI	D, 0FFFFH	11	FF	FF
	24	DCR	E	1D		
	27	JNZ	\$-1	C2	1F	82
	2A	DCR	D	15		
	2D	JNZ	\$-5	C2	1F	82
	30	RET		C9		
8228		CALL	INPUT	CD	23	02
		JMP	8200H	C3	00	82

この例は、データレジスタの下位2桁にカウンタを構成しています。この時、キーボードのいずれかのキ - (RESETは除く) が押された場合カウントを停止し、再びはなされた時にカウンタをリセットした後、カウントアップを始めるというプログラムです。

カウント動作時にこのキー入力サブルーチン(1)をコ ルして、キーが押されたかどうかをモニタしています。また、キーが押されると8228H番地にジャンプし、ここのキー入力サブルーチン(1)内でそのキーがはなされるまで待ち合わせて最初にもどります。

4.3.4 キー入力サブルーチン (2)

(1) サブルーチン名

KEYIN

(2) スタート番地

0216番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ なし

出力パラメータ Acc - 入力データ
[HEXA]

キ フラグ セット

使用レジスタ A, F, B, D, E

使用スタック 2 レベル

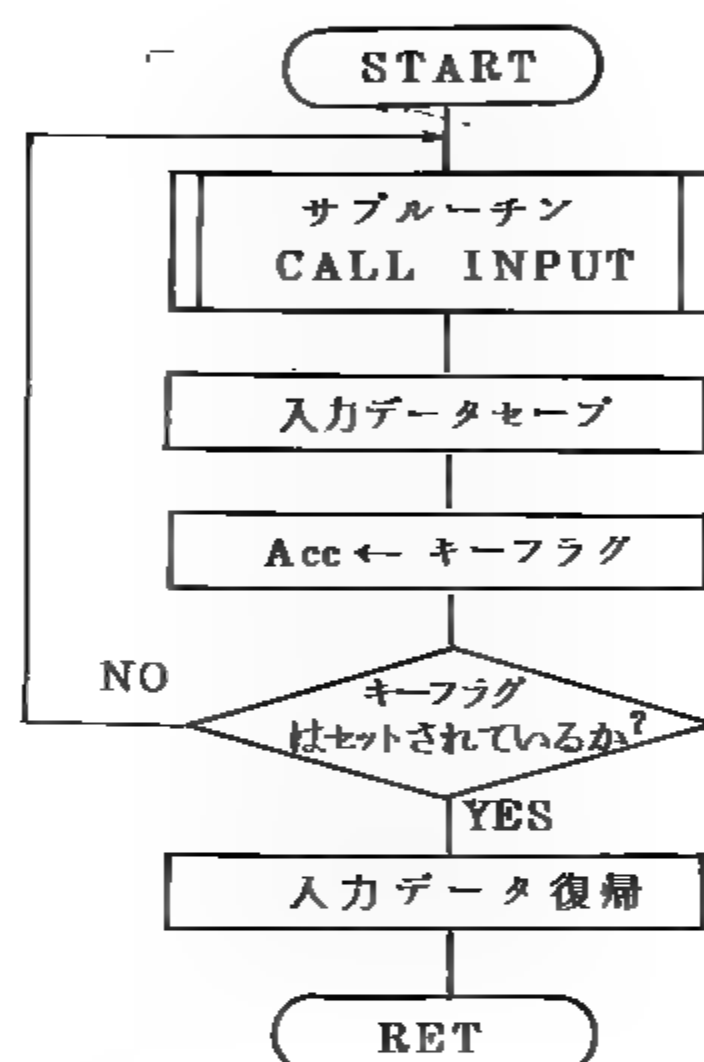
(4) 機 能

このキ 入力サブルーチンにおいては、キーボードスイッチがはじめて押されたことが検出されるまで、このル ーチンの中でキースキャンを繰り返します。

キーボード・スイッチが押されたことが検出されたら抜け出ます。このときの処理は、

4.3.3 キ 入力サブルーチン(1)と全く同じです。

(5) フローチャート



4.3.5 シリアル出力サブルーチン

(1) サブルーチン名

SRIOT

(2) スタート番地

027C 番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ Acc = 出力データ

出力パラメータ なし

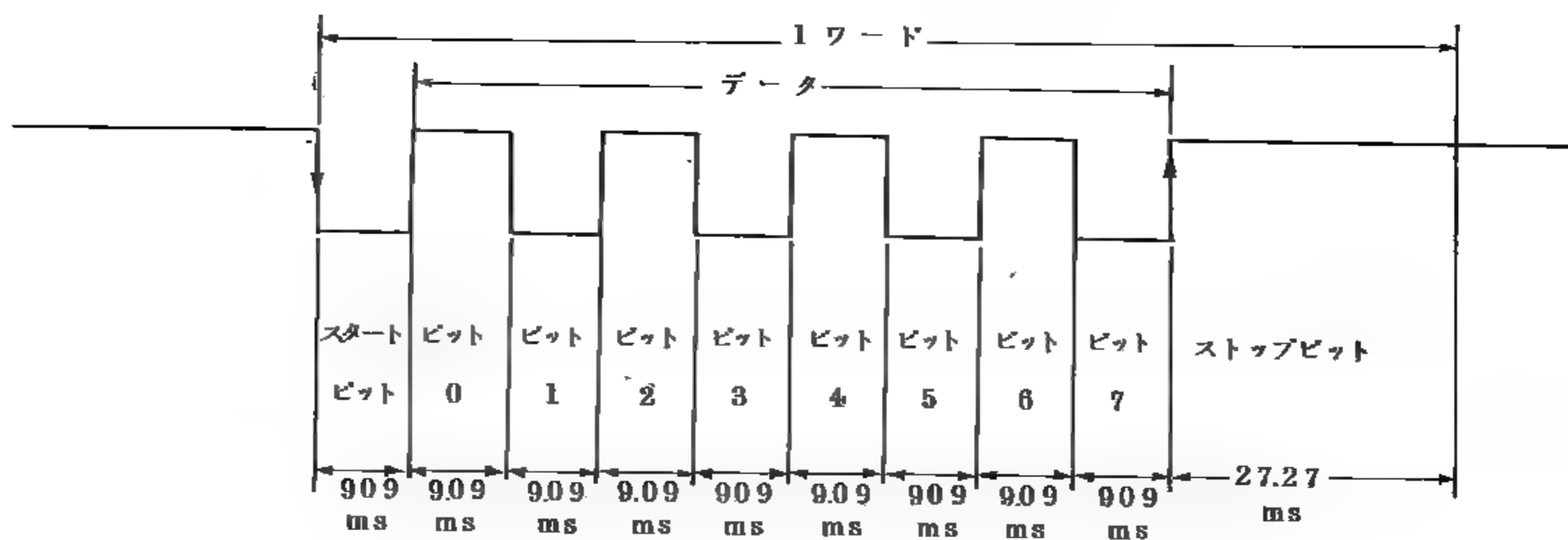
使用レジスタ A

使用スタック 3 レベル

(4) 機 能

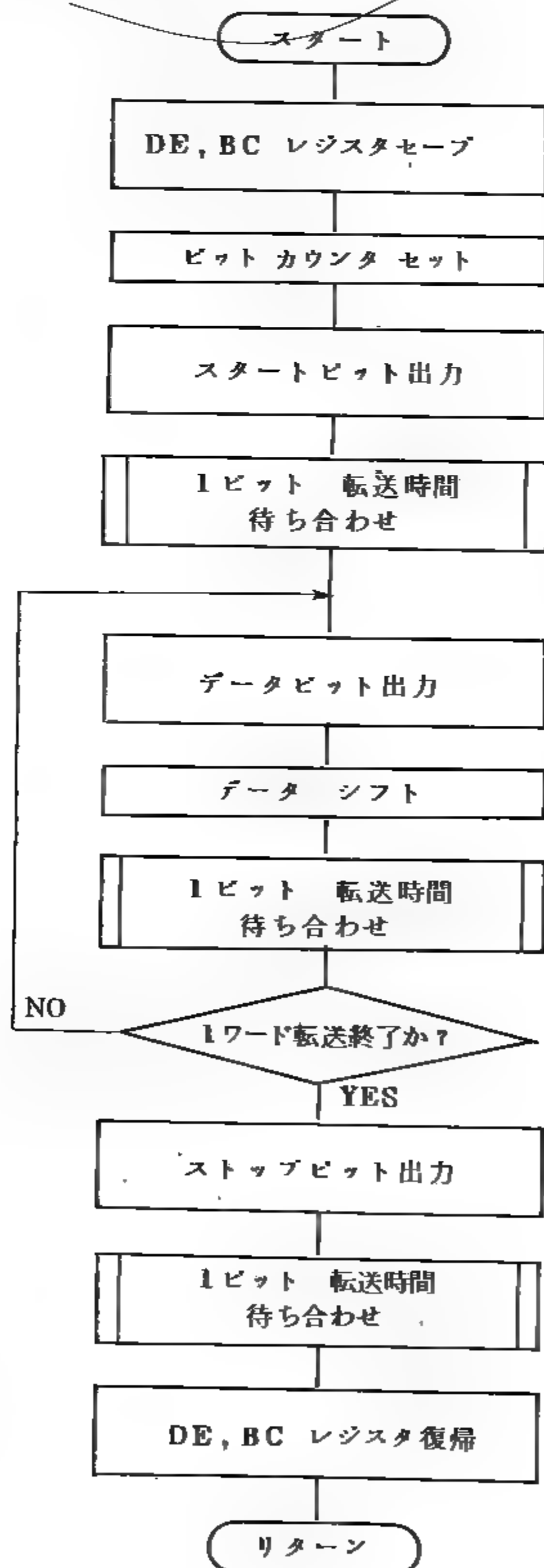
Acc に格納されている 8 ビットのデータを次のフォーマットに従ってシリアルデータに変換して、PPI (μPD8255) のポート C の、PC 0 端子 (14 番ピン) に出力します。スピードはテレタイプの転送スピードの 110 ボードに合わせてあります。

シリアル転送フォーマット



上記の例は“55”というデータをシリアルに変換したものです(最下位のビットから順に送られます)。

(5) フローチャート



(6) 使用例

MVI	B, 0	8200	0600
LXI	H, 8000H	8202	210080
MOV	A, M	8205	7E
CALL	SRIOT	8206	CD7C02
INX	H	8209	23
DCR	B	820A	05
JNZ	8205H	820B	C20582
HLT		820E	76

8000~80FF番地までの256バイトの内容をシリアルに転送します。

4.3.6 シリアル入力サブルーチン

(1) サブルーチン名

SRIIN

(2) スタート番地

02A0番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ なし

出力パラメータ Acc 入力データ(8ビット)

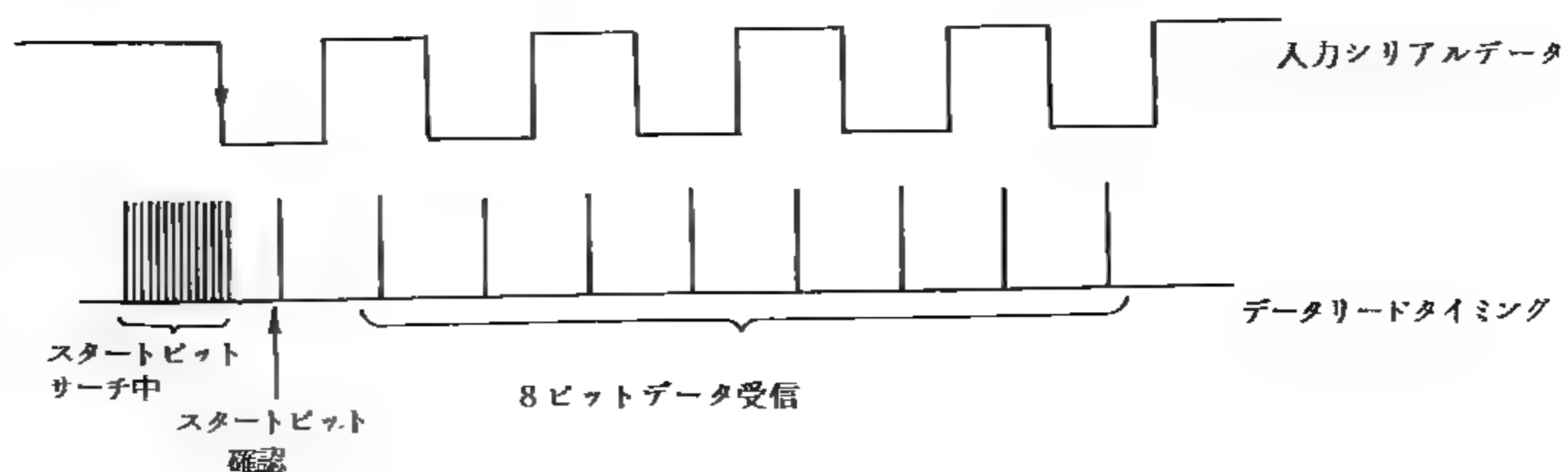
使用レジスタ A

使用スタック 3レベル

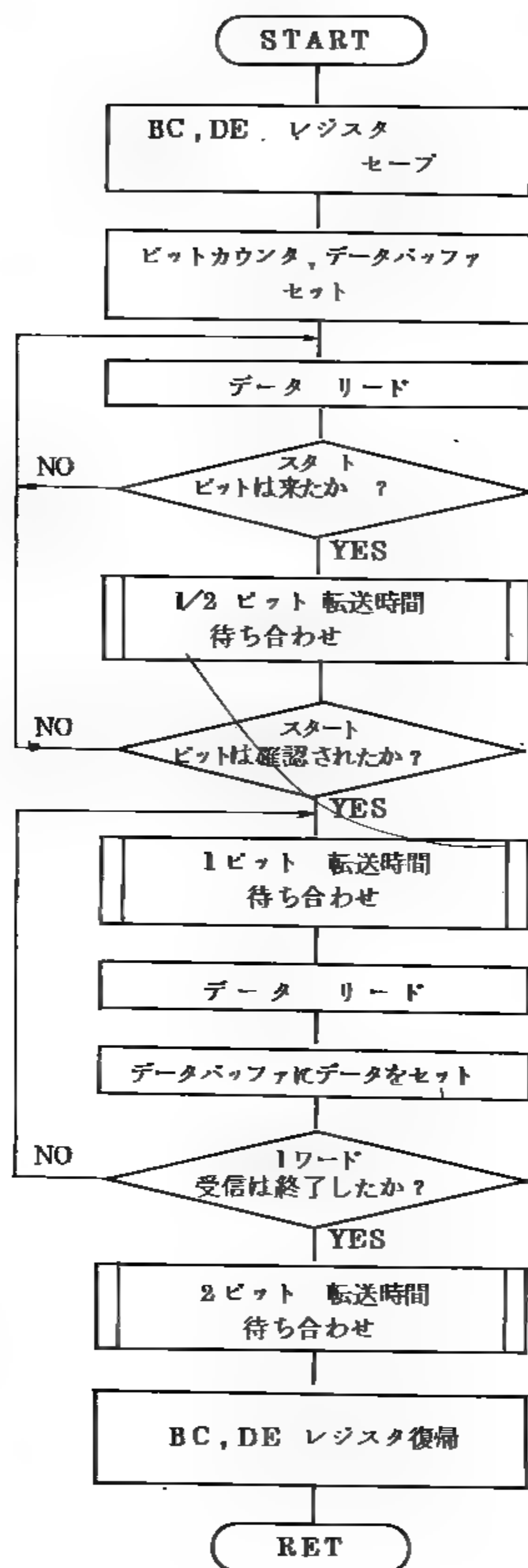
(4) 機能

PPI(μPD8255)ポートB PB₀(18番ピン)に入力されるシリアルデータを受信して8ビットのデータに編集してアキュムレータにロードします。

PPIに入力されるシリアルデータは、スペースが“LOW”，マークが“HIGH”というレベルで入力します。サブルーチンでは、スタートビット(LOW)が来るまで待ち続け、スタートビットを受信すると、サブルーチン内のタイマプログラムによりインターバルタイムをカウントして、以降の8ビットのデータを受信します。



(5) フローチャート

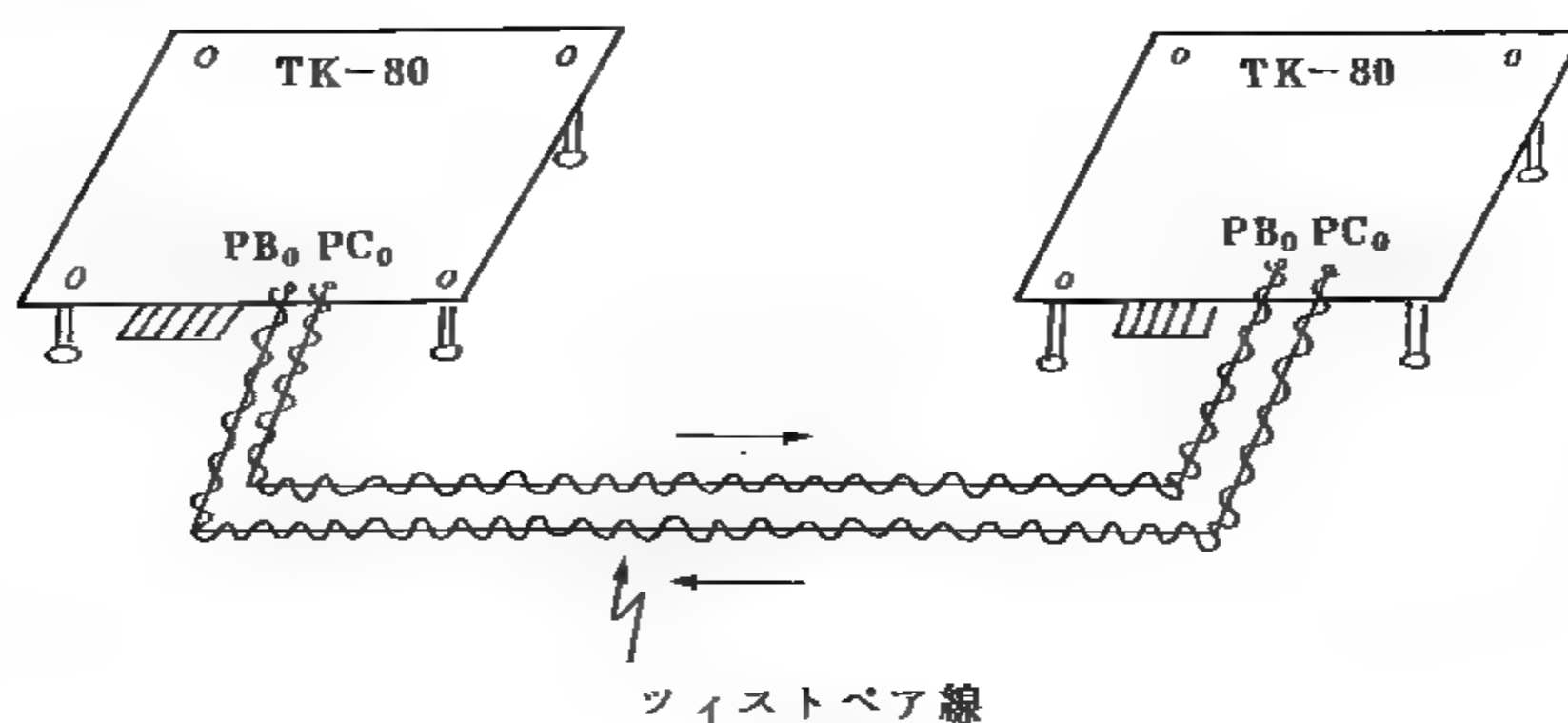


(6) 使用例

連続して入ってくるデータをメモリの8100番地から次々と格納していきますが、“FF”というデータが入るとストップします。

LXI	H, 8100H	8000	210081
MVI	B, 0FFH	8003	06FF
CALL	SRIIN	8005	CDA002
MOV	M, A	8008	77
INX	H	8009	23
CMP	B	800A	B8
JNZ	\$-6	800B	C20580
HLT		800E	76

(7) 応用例



シリアル入力とシリアル出力のサブルーチンを用いて、2台のTK-80の間でデータの交換ができます。

ラインドライバ/レシーバを追加すれば、2台の距離は大きくできます。

4.3.7 タイマ・サブルーチン

(1) サブルーチン名

D1	:	45112 msec	タイマ
D2	:	9.0176 msec	タイマ
D3	:	27.0176 msec	タイマ

(2) スタート番地

D1	:	02DD 番地
D2	:	02EA 番地
D3	:	02EF 番地

(3) 入出力条件

入力条件	なし
出力条件	なし
使用レジスタ	D, E
使用スタック	0レベル

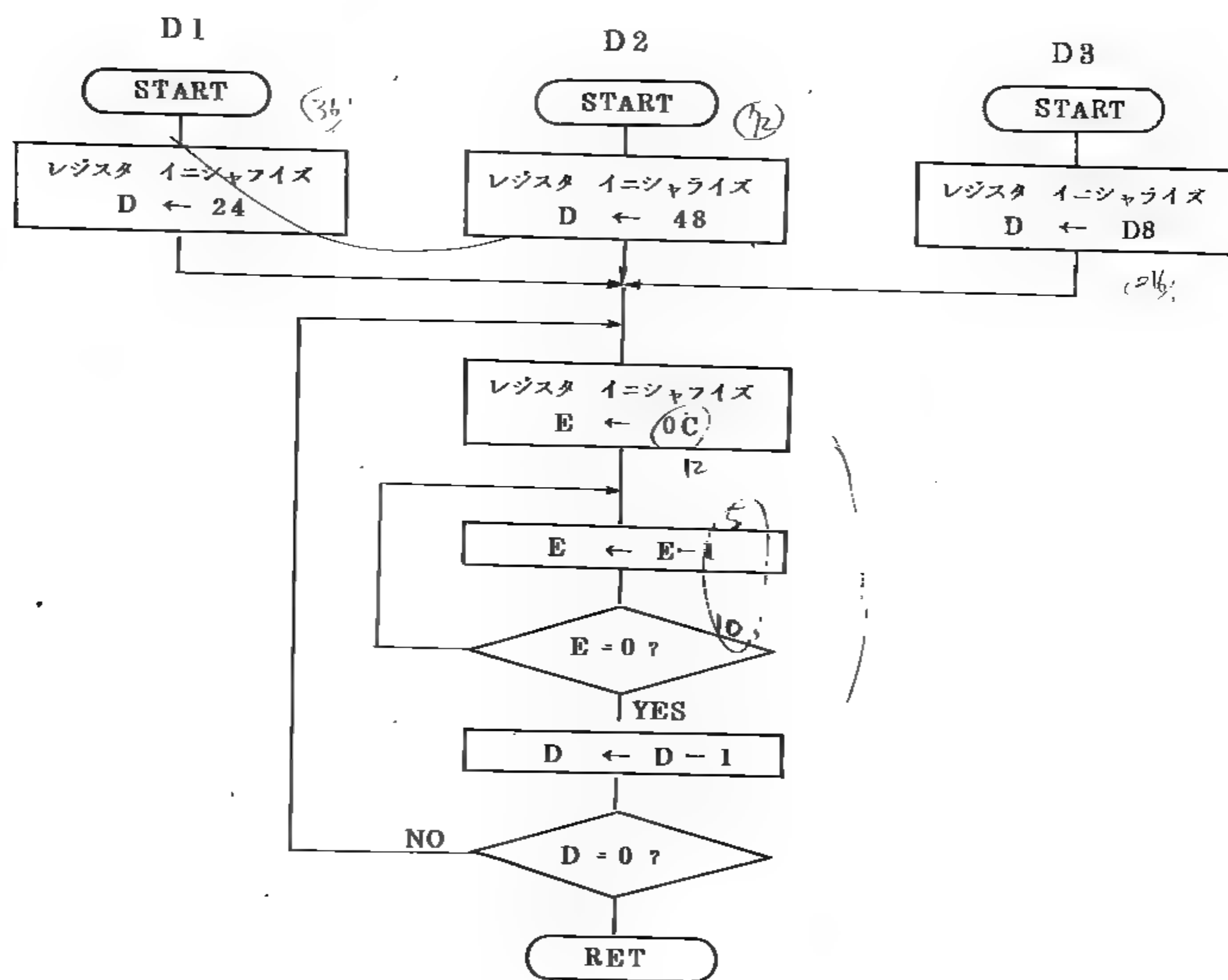
(4) 機能

ある処理とある処理との間に、これらのサブルーチンをコールすることにより、それらの処理間にコールしたサブルーチンに対応したインターバル・タイムをとることができます。

このサブルーチンは、イニシャライズされるレジスタの値により回数が決定されるループであり、そのループを通過するまでに CPU が費やす処理時間が、そのタイマ設定時間となります。

3つのサブルーチンは、シリアル入出力ルーチン(カセットルーチン)において、ビット間のインターバル・タイムとして使用しているため、その設定時間を D1は 1/2 ビット、D2は 1 ビット、D3は 3 ビットの転送間隔になるようにレジスタをイニシャライズしています。

(5) フローチャート



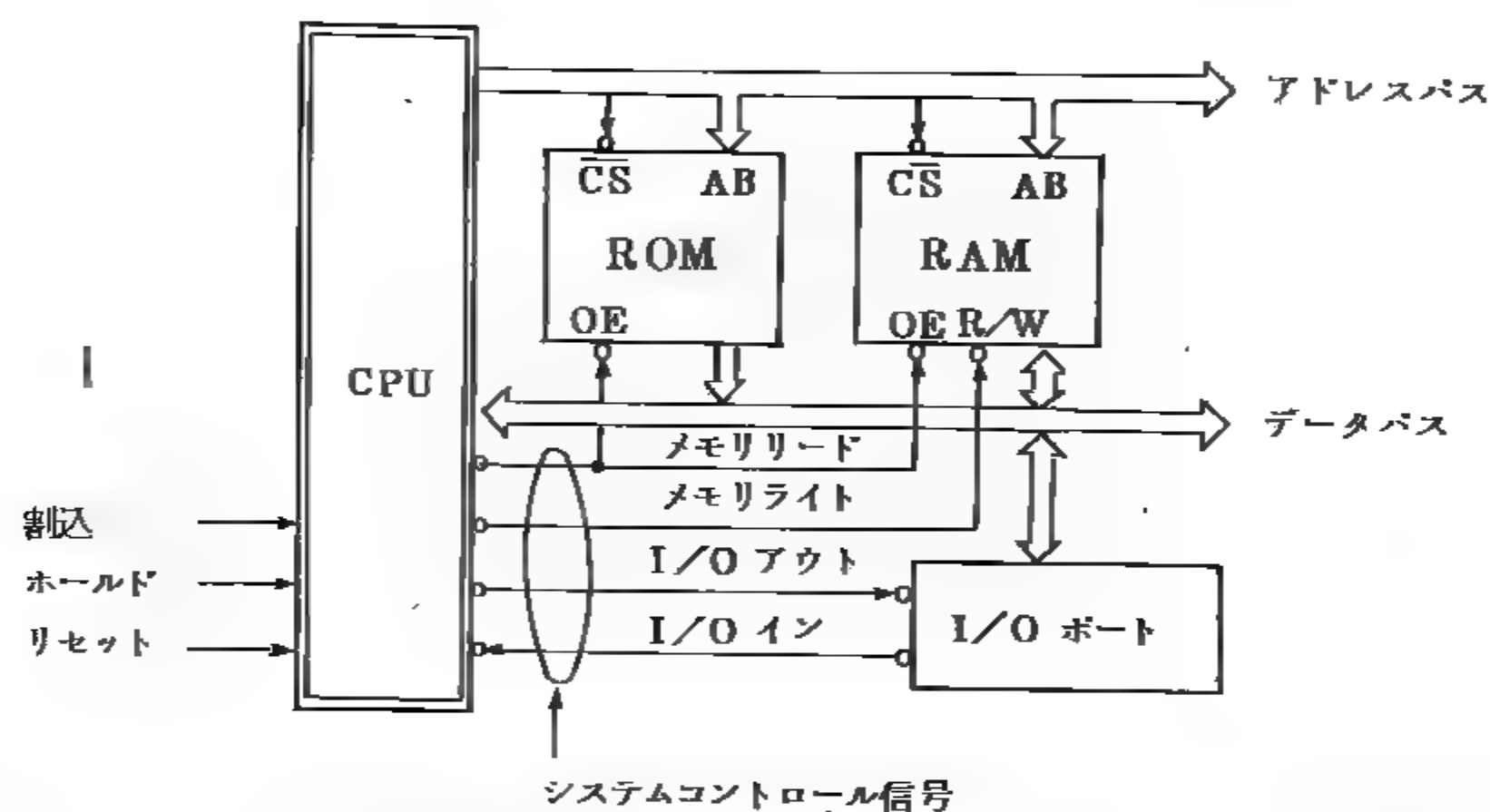
第5章 TK-80ハードウェア

本章では、TK-80がどのように設計され、ハードウェアとソフトウェアがどのように構成されているかを説明します。

基本的にはTK-80の設計に関して述べていますが、大部分が今後のシステム設計にも応用できるよう説明されていますので、本章を理解された方は、次にあなたのシステムを自分で設計することができるようになっていくことでしょう。

5.1 マイクロコンピュータの基本的なシステム構成

図5-1 マイクロコンピュータの基本的なシステム構成



マイクロコンピュータの基本的な構成は、図5-1のようになります。基本的にはCPUの部分とROM、RAM、I/Oポートで最小のシステムが構成されます。構成要素の具体的な説明は、5.2で述べますが、ここでは各要素の役割について大まかにとらえてください。

図5-1でメモリをROMとRAMに区別して書いたのは、一般的にマイクロコンピュータがなんらかの装置に組み込まれる場合、制御プログラムはROMに固定化して書き込まれることが多いからです。

ROMに制御プログラムを書き込んでおけば、電源を入れたとすぐプログラムを実行できる状態にあるわけですから、わざわざプログラムを外部から読み込ませる必要もなくなり、高価な入力装置を備える必要もなくなります。このあたりがミニコンピュータとの考え方の大きな違いと言えます。このようにマイクロコンピュータではプログラムをROMに固定化することによって、専用化された使われ方をされることが多いわけですが、ROMを差し換えれば異なった機能のシステムに生れ変わることもできます。RAMにはプログラムで処理するためのデータを格納したり、プログラムそのものを書いたりします。さらに μ PD8080Aでは、スタックをRAMで構成されるメモリ領域の中に確保しています。

プログラムは、ROMに書かなければいけないということはなく、あくまでもROM化した方が経済的であり、かつ信頼性もあげられるという場合に使われるわけです。

I/Oポートは、コンピュータの内部と外の世界とのデータ通信を行う部分であって、基本的にはパラレルI/OポートとシリアルI/Oポートがあります。パラレルI/Oポートというのは、コンピュータ内部のデータバス上の信号を並列に外部に出力したり、または内部バスに取り込むためのユニットであり、その主たる機能は必要な時刻にタイミングを合わせてデータをラッチ（つかまえて保持する）したり、必要なユニットのデータだけをバスに読み込むというようなものです。

これに対してシリアルI/Oポートは、外部とのデータ通信を直列データで処理するもので、CPU側の並列データと調整するために並列-直列、直列-並列変換回路を内蔵しているのが普通です。

例えば、 μ PD8255はパラレルI/Oポート、 μ PD8251はシリアルI/Oポートとしての機能を備えています。

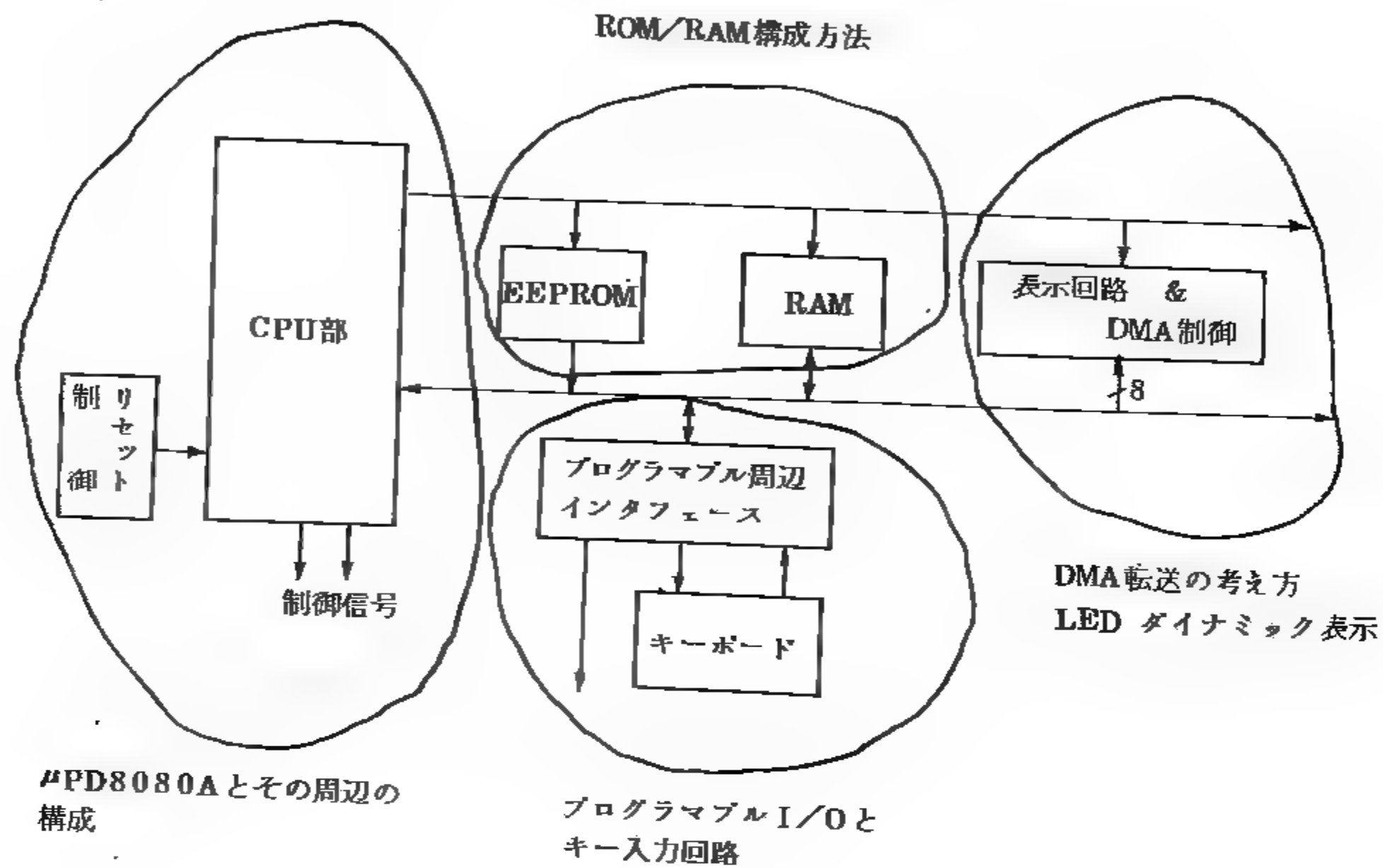
CPU部分は、ROMまたはRAMに書かれたプログラムを逐次実行して、データの処理を行ったり、I/Oポートとデータのやりとり等の制御を行ったりします。

ROM、RAM、I/Oポート等は、それ自身ではデータを加工する能力はありません。データを加工したり、プログラムを命令と理解して処理実行するのはCPUの任務です。CPUはメモリをアクセスするために番地を指定するアドレスバスとデータをやりとりするデータバス、およびデータの送受信されるべきタイミングを外部に指示するコントロール信号、外部から直接CPUの動作を制御するための制御端子（割り込み、ホールド、リセット端子等）をもっています。以上が大体マイクロコンピュータを構成する基本的な要素です。

5.2 TK-80のシステム構成

それでは、具体的にTK-80がどのように構成されているかを、各部について詳細に説明します。その前にTK-80のシステムブロック図を図5-2に示しておきますので、全体の概要を頭に入れておいてください。

図5-2 TK-80システムブロック図

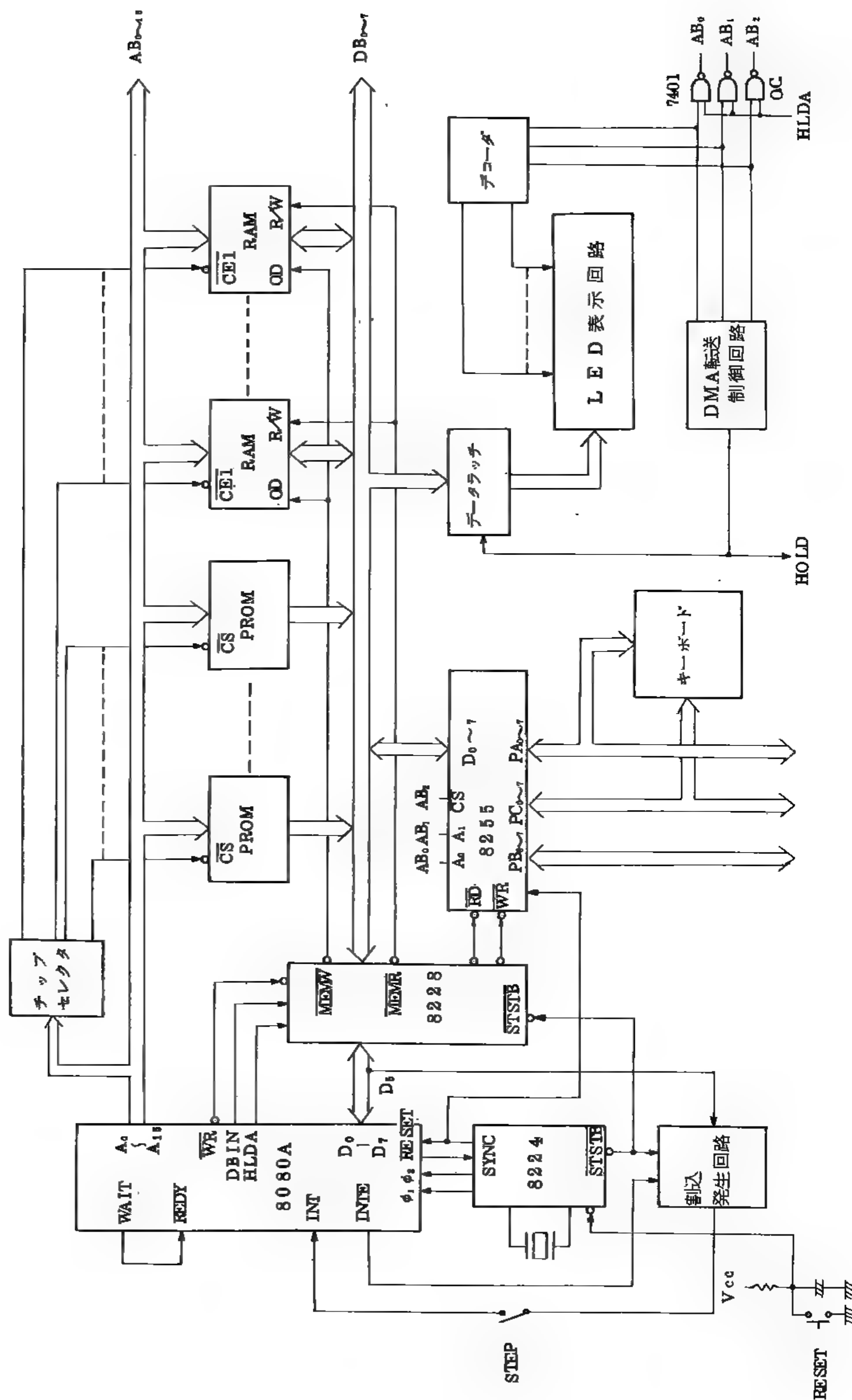


CPU部はCPUチップ(μPD8080A)とその他若干のICで構成されています。PROMにはモニタプログラムが書かれており、TK-80の基本的な動作は、このプログラムで実現されているわけです。CPU部にリセットがかかると(**RESET** キーを押す)、このモニタプログラムが走りはじめます。このモニタプログラムは、プログラマブル周辺インタフェース(以下PPIと略します)を介して、キーボード・スイッチ25個を常時スキャンしながら、どのキーが押されたかを調べています。

RAMは256ワード×4ビットのICが2個で、最小の256バイトが構成されます。ボード上には8個まで実装できます。

表示回路は、8個の7セグメントLED(発光ダイオード)で構成されており、基本的にはメモリアドレスとデータを16進数で4桁ずつ表示します。表示のためのデータは、DMA転送により行っていますので、表示データ転送のためのプログラムを書く必要はありません。

図 5-3 TK-80 のシステム構成



5.2.1 CPU部のシステム構成

図5-4 CPU部の基本構成

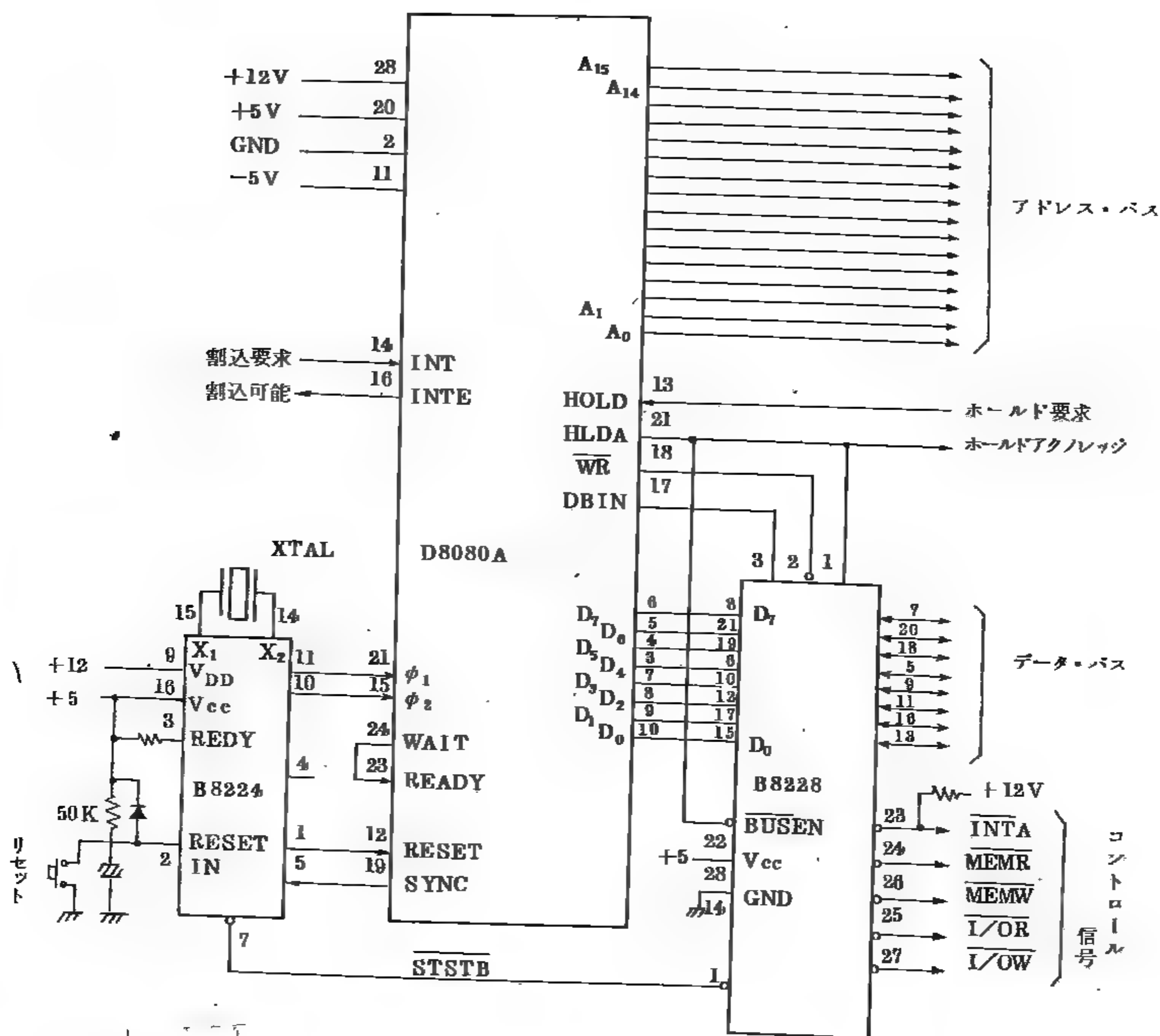
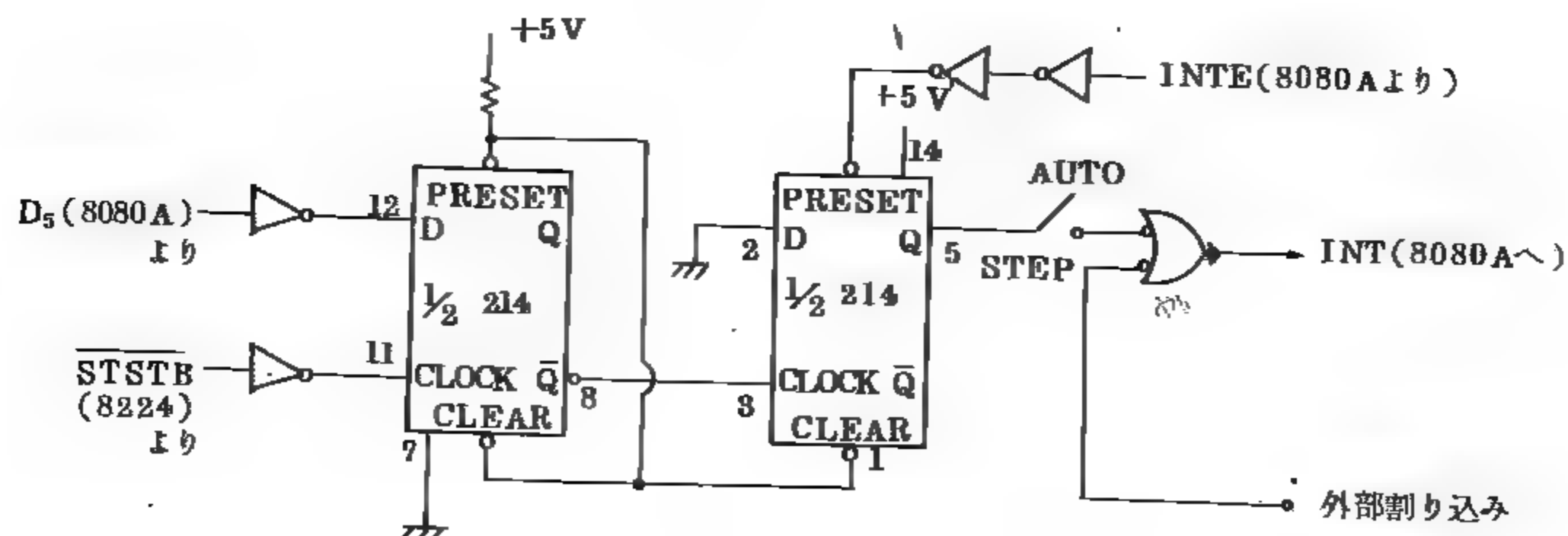


図5-5 1命令ステップ割り込み信号発生回路



CPU部の基本構成を図5-4に示します。CPU(μ PD8080A)にクロック・ジェネレータ(μ PB8224)、システム・コントローラ(μ PB8228)を接続するだけの簡単な回路ですみます。CPUは電源として+12V、+5V、-5Vが必要ですが、TK-80では便宜上、-5V電源を μ PB8224のOSC出力端子の発振信号を検波することにより、約-5Vの電圧を得ており、ボードの外部からは+12V、+5Vの2種類を供給するだけで済みます。 μ PB8224のリセット端子には、電源を投入したときに自動的にリセットを行う回路と、手動のリセットスイッチがつけられます。クロックの発振は、CPUのクロックの9倍の基本発振周波数をもつ水晶振動を μ PB8224のX₁、X₂端子に直接接続すれば得られます。

μ PD8080AのWAIT出力端子とREADY入力端子とを直結しておけば、2MHzのクロックで動作させてもアクセスごとに1ウェイトとられますので、アクセスタイムの遅いメモリ(例えばCMOS RAM μ PD5101C-E等)でも使用できます。この方法では、メモリがアクセスされていないサイクルでも、余分な待ち時間がとられてしまいますが、複雑な回路が一切必要ないという理由で採用してあります。

INT入力端子には割り込み要求信号が接続されます(通常ロウレベルで、要求時にハイレベルとなる信号です。…アクティブ・ハイ信号という表現をします)。INTE出力端子には、CPU内のインタラプト・イネーブル(割り込み可能)F/Fの状態が出力されます。

HOLD入力端子には、DMA転送を行いたい時刻にホールド要求信号を入力します(アクティブ・ハイ信号)。ホールド要求が受け付けられるとHLDA出力がハイレベルになります。外部回路でこの信号に同期させてメモリをアクセスすれば、CPUの動作とDMAが競合することを避けられます。

μ PB8228から出るコントロール信号は5種類あります。 $\overline{\text{INTA}}$ 端子は割り込みレベルが1つの時には抵抗を介して+12Vにプルアップしておきます。 $\overline{\text{MEMR}}$ 、 $\overline{\text{MEMW}}$ は、各々メモリのリード、ライト時に発生されます(アクティブ、ロウ信号)。 $\overline{\text{I/OR}}$ 、 $\overline{\text{I/OW}}$ は入力デバイスからのリード、およびライト時に発生されます(アクティブ、ロウ信号)。アドレスバスは μ PD8080Aから直接取り出して使用していますので、DC的な負荷は標準TTL 1個しか取り出せません。TK-80では、アドレスバスに接続されるメモリはすべてMOSタイプであり、デコーダもローパワー・ショットキーTTL(低レベル入力電流が360 μ A以下)を使用していますので、DC的にはこれで問題はありません。交流的には1つのバスに接続されるMOSゲート(入力容量は数pF \sim 10pF)の個数が増えれば、アドレス信号の立ち上り、立ち下り波形が鈍り、アクセス時間に影響してきます。TK-80では、メモリアクセスの時間を充分とってありますので、この点は余裕のあるよう設計されています。データバスは、 μ PB8228の内部で双方向性ドライバを通してドライブ能力が強化されていますので、標準TTLを6個までは接続できます。 μ PB8228の $\overline{\text{BUSEN}}$ 端子にHLDA信号を加えているのは、バスドライバをハイ・インピーダンスの状態にして、DMA転送のデータとちか合わないようにするためです。基本的にはこの回路でCPU部は完成しますが、TK-80ではプログラムのデバグの便宜のため、1命令ごとの割り込み要求信号発生回路を追加してあります(図5-5)。原理的には μ PD8080AからINTE(割り込み可)信号が出たら、次の命令を実行した後すぐ割り込み信号が発生されるような回路です。 μ PD8080Aへの割り込み信号としては、このステップ実行割り込み信号と外部割り込み信号の論理和をとつ

2155

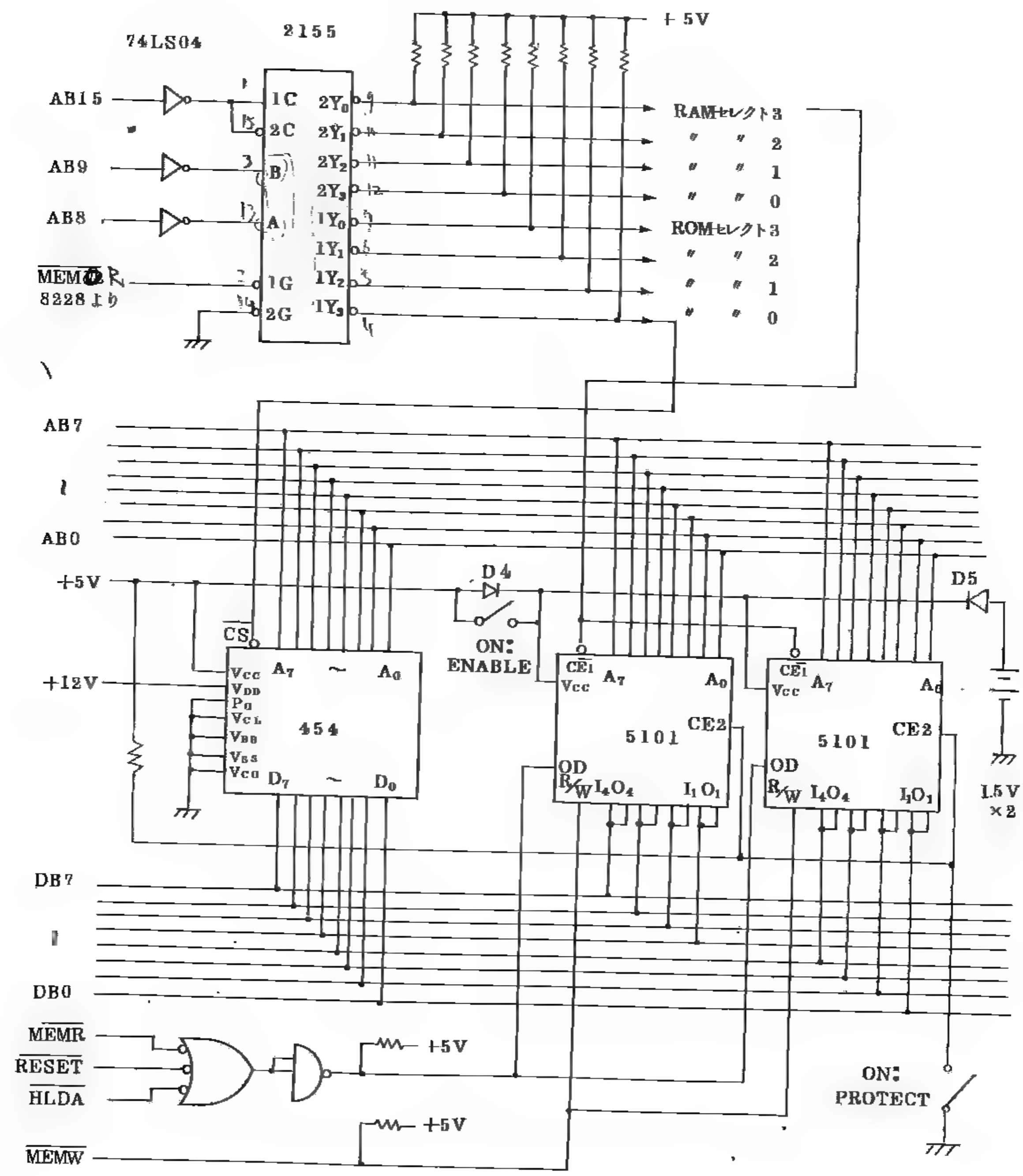
AB8	AB9	(1C) TG	OUT	OUT	OUT	OUT	(2C) ZG	OUT	OUT	OUT	OUT
(A)	(B)		T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	2Y ₀	2Y ₁	2Y ₂	2Y ₃	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

た信号を用います。

5.2.2 ROM, RAMの構成

TK 80のボード上には、ROM、RAMとも最大1024バイトずつ実装できます。ROMは、 μ PD454(256ワード×8ビット)を4個、RAMは μ PD5101(256ワード×4ビット)を8個取り付けることとなります。図5-6にメモリ最小構成を示します。

図5-6 ROM/RAM最小構成



454, 5101とも256ワードのメモリですので、アドレス入力端子は8本あり、それぞれアドレスは $AB_0 \sim AB_7$ へ接続されます。さらに256ワード単位でチップの選択を行う必要があります。これは2155(DUAL 2 TO 4 DECODER)で行っています。2155の入力端子に74LS04が入っているのは、アドレスバスの負荷を少なくするためのものです。TK-80ではROMかRAMを AB_{15} (アドレスの最高位ビット)で切り変えていますので、8000番地以上がRAMエリアとみなされます。2155の出力信号は、チップセレクト信号としてROM, RAMにつながれています。各出力端子にすべてプルアップ抵抗がついているのは、MOS ICのハイレベル入力電圧の最低値である3.0Vを確実にするためです。5101のOD(出力ディスエイブル)端子には、 \overline{MEMR} , \overline{RESET} , \overline{HLDA} の論理和信号を加えていますので、これ以外のタイミングでは、5101の出力はハイ・インピーダンス状態となります。R/W端子には、8228からの \overline{MEMW} 信号が直接接続されていますが、ここにもやはりプルアップ抵抗がつけてあります。このプルアップ抵抗は8228の \overline{BUSEN} 入力信号がハイのとき、制御信号が不確定(ハイ・インピーダンス)になるのを避けて、メモリをリード状態に保つためです。

CE_2 端子は通常動作時には、 V_{cc} へプルアップしてありますが、トグルSWをONにするとGND電位となり、メモリのリード/ライトの両動作ともプロテクトされます。このSWをONにした後+5Vの電源をOFFにしても、バッテリー(例・単三乾電池2本)の電圧が印加されている限り、データは保存されます。

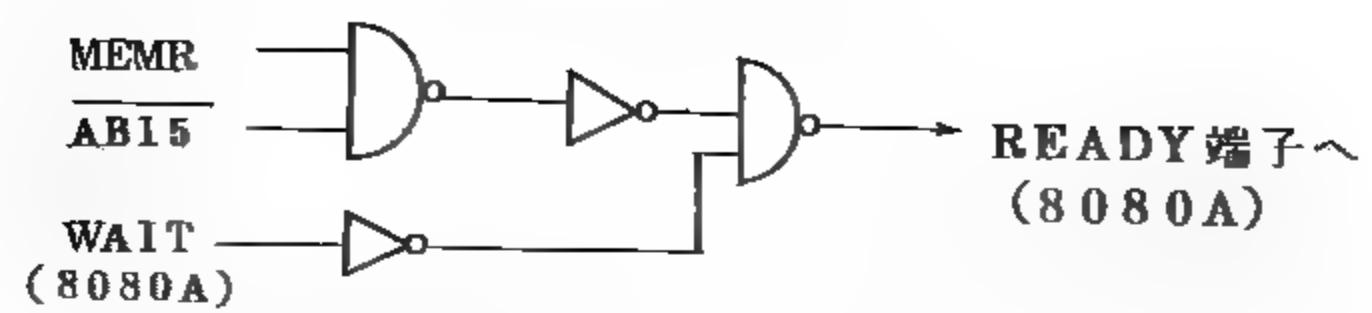
ダイオードD1に並列に入っているSWは、メモリプロテクトSWと連動しており、メモリが動作中はD1を短絡し、ダイオードによる電圧降下をさけるためのものです。

TK-80では、RAMは上位アドレスのチップから実装しています。なぜならモニタプログラムのワーキングエリアとして、最上位のアドレスを使用しているからです。

(実装順位)	(番 地)	(セレクト信号)	(RAM番号)
①	8300 ~ 83FF	セレクト 3	4, 8
②	8200 ~ 82FF	" 2	3, 7
③	8100 ~ 81FF	" 1	2, 6
④	8000 ~ 80FF	" 0	1, 5

TK-80の基本キットには、RAMとしてCMOSタイプの5101を使用していますが、これと全くピンコンパチブルな2101がNMOSタイプで揃っています。バッテリー・バックアップの必要のない方または電池の消耗を問題としない方は、2101がそのまま使用できます。

5101と2101を組み合わせて実装することもさしつかえありません。454, 5101/2101ともに完全なスタティック動作をしますので、動作は安定しており V_{cc} ラインにのるノイズはそんなに大きなものではありませんので、バイパスキャパシタにもそれ程厳しい特性は要求されません。TK-80では普通のセラミックキャパシタを使っています。RAMに2101だけを使用する場合には、アクセスタイムが十分速いので、RAMがセレクトされるときCPUを待たせる(WAIT)必要はありません。このときには、PROMがアクセスされたときだけWAITをかければ、CPUのむだな待ち時間が節約できます。



(0~7FFF 番地がアクセスされた時のみワン・ウェイトとなる回路)

5.2.3 表示回路とDMA転送

図5-7 表示回路

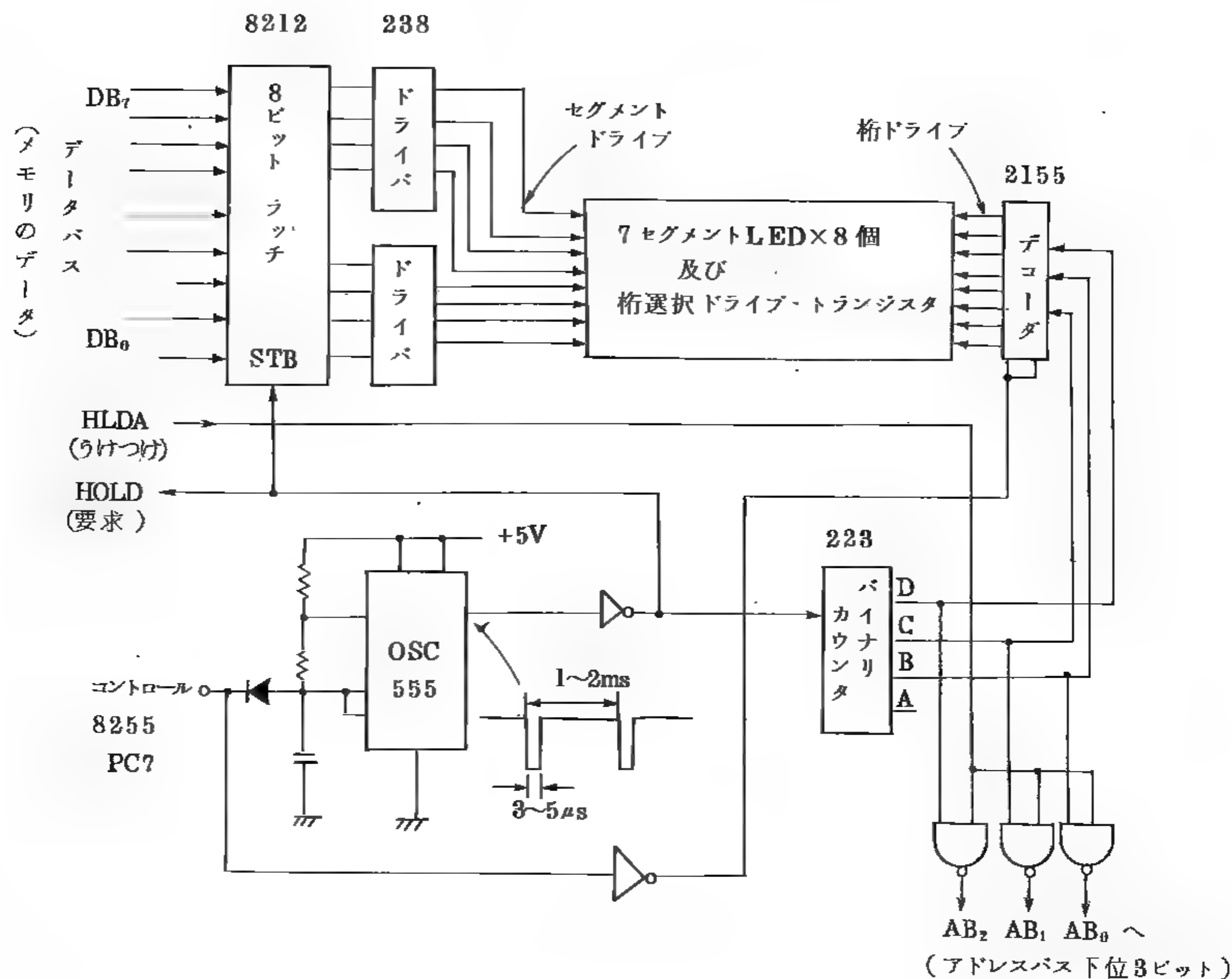
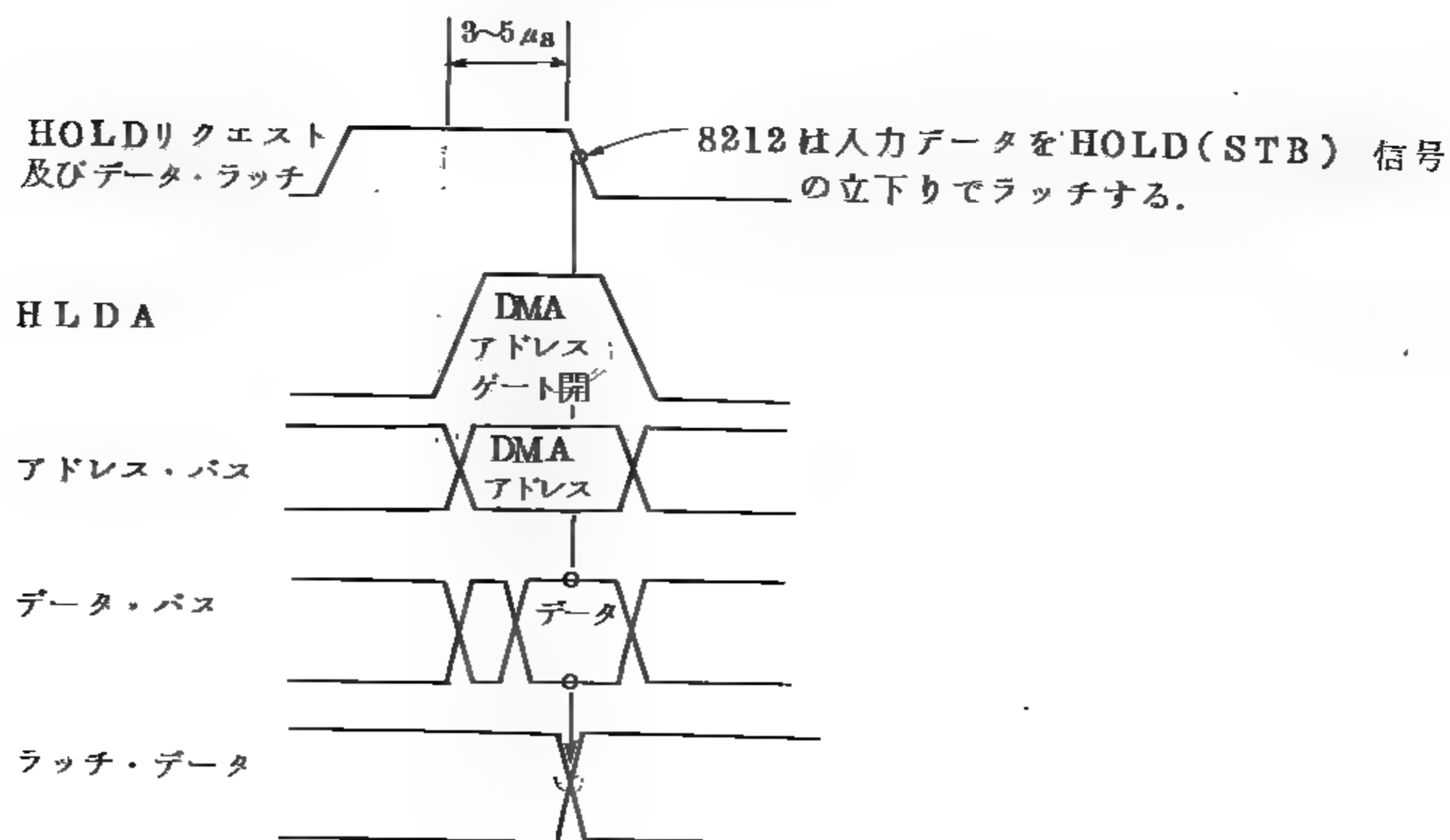


図5-8 DMA転送のタイミング



表示回路は図5-6に示すように、DMA転送回路と8桁LEDのダイナミック表示回路を組み合わせたものです。前にモニタプログラムで述べたように、LEDの各セグメントに対応する表示データは、RAMの最後の8番地(83FF~83F8)に入っていますので、これを直接読み出して表示しようとするものです。この回路では、まずOSC(555タイマ用ICでつくってある)は、1~2ms間隔で数 μ sのバースをHOLD要求信号としてCPUへ送ります。このバースはまたバイナリカウンタ(223)のカウントバースとしても使われており、1回ごとにアクセスするメモリの番地を進めていきます。HOLD要求が受け付けられると、HLDA信号が送り返されます。HLDA信号がきたときには、8080Aのアドレスバスおよびデータバスはハイ・インピーダンスになっていることを示していますので、この信号でゲートを開いてアドレスバスの下位8ビットへDMAアドレスを接続します。残りの上位ビットは、プルアップ抵抗でつってありますので、DMAアドレスが定まると、RAMのアクセス時間だけ遅れてデータが読み出されてデータバス上にあらわれます。このデータは、HOLD要求信号の立ち下りのタイミングで8ビットのラッチにセットされ、次のデータが再び読み出されるまで1つの桁の表示に使われます。この動作が1~2msおきに繰り返し行われ、順次アドレスがスキャンされそれに応じて表示桁も移動していくわけです。HLDAが出ている間は、CPUはプログラムの実行を一時中断しているわけですが、全体の時間に比べると数 μ sというのは極めて短い時間ですので、実用上はまずさしつかえないでしょう。しかし正確にタイミングを計算したいようなプログラムでは、ときとして問題となる場合があります。この場合には555の発振回路を強制的に止めてやれば、HOLDの要求は起こりません。

この制御は、8255のPC₇端子をロウレベルにすることで実現しています。発振が停止するとLEDのスキャンニングも止まり、1つの桁だけを点灯することになり、熱的設計を満足しませんので、このときには桁ドライブ回路をディセーブル状態にするようにしています。

発振の周期を長くすればそれだけCPUが止まる割合を小さくできますが、ダイナミック点灯の周期は少なくとも50サイクル以上しないと人間の目にはチラついて見えます。8桁分ありますので、1桁分は2.5ms($2.5 \times 8 = 20\text{ms}$)程度が限度と考えてください。

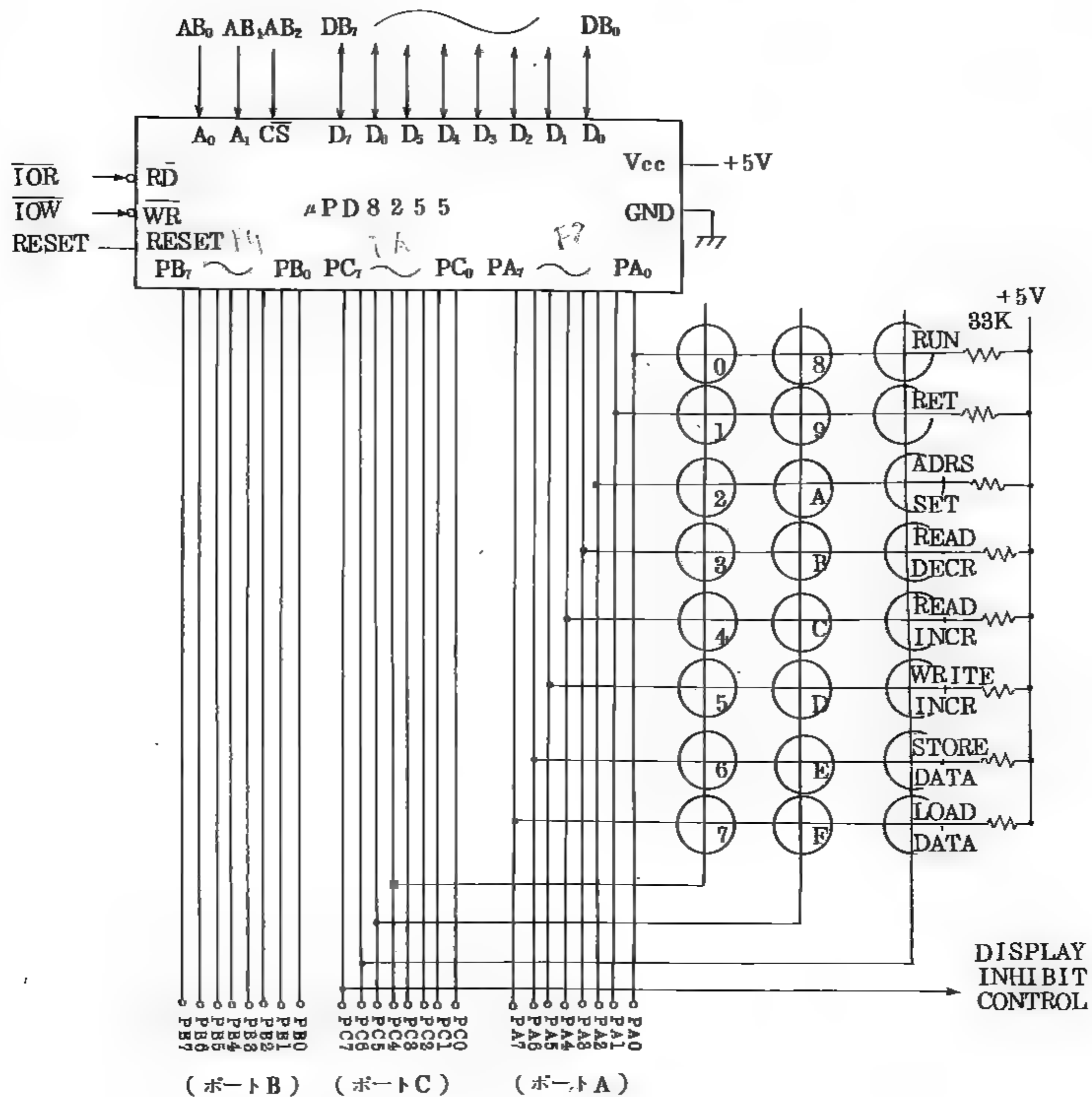
TK-80では、1~2msの間に入るようにしてあります。

5.2.4 プログラム・ペリフェラル・インタフェース(PP1)とキーボード回路

コンピュータが外部からデータを読んだり、逆にCPUから外部にデータを送り出す場合に使われるのがペリフェラル・インタフェースです。

TK-80では、 μ PD8255(PP1)を使用しており、キーボードのスキャンニング回路と外部インタフェースを1個のLSIで構成しています。

図5 9 μ PD8255とキーボード回路



各ポートは入力にも出力にもなります。

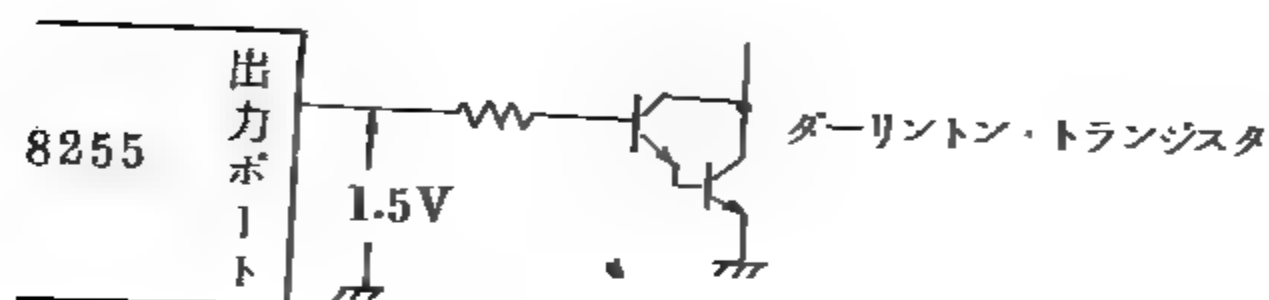
図5-7に8255を使用したペリフェラル・インタフェースとキーボード回路を示します。8255は8ビットの入出力ポートを3つ備えており、それぞれポートA、B、Cと呼ばれます。各ポートはプログラムで入力ポートにも出力ポートにもすることができ、それぞれが8ビットデータの送受信をすることができます。

ポートCだけはさらに特殊な機能を持ち、8ビットのデータのうち任意のビットを指定して、セットしたりリセットしたりすることができます(ビットセット/リセット機能)。8255の詳細な機能は別紙開発速報を参考にしてください。ここではキー回路の動作と8255の関係を述べておきます。キーボードをスキャンするためにポートCは出力に、ポートAは入力にプログラムされています。モードは0です。ポートAの全端子は抵抗でプルアップしていますので、キーが押されない限りポートAから読み込まれるデータはすべてハイレベルです。 PC_4, PC_5, PC_6 は、キー共通ラインをロウレベルで順番にスキャンするようモータプログラムが作られていますので、ど

の列のキーが押されたかはモニタ自身で判断できるわけです。スキャンプログラムの詳細は、モニタプログラムの説明の章で述べてあります。

次に外部とのインタフェースの電気的な性能について説明します。

各端子が出力にプログラムされたとき、標準TTL1個のドライブ能力があります。さらに出力ポートに直接ダーリントン・トランジスタを接続してドライブすることも可能です(ただし最大消費電力の問題で8端子以内に制限されます)。



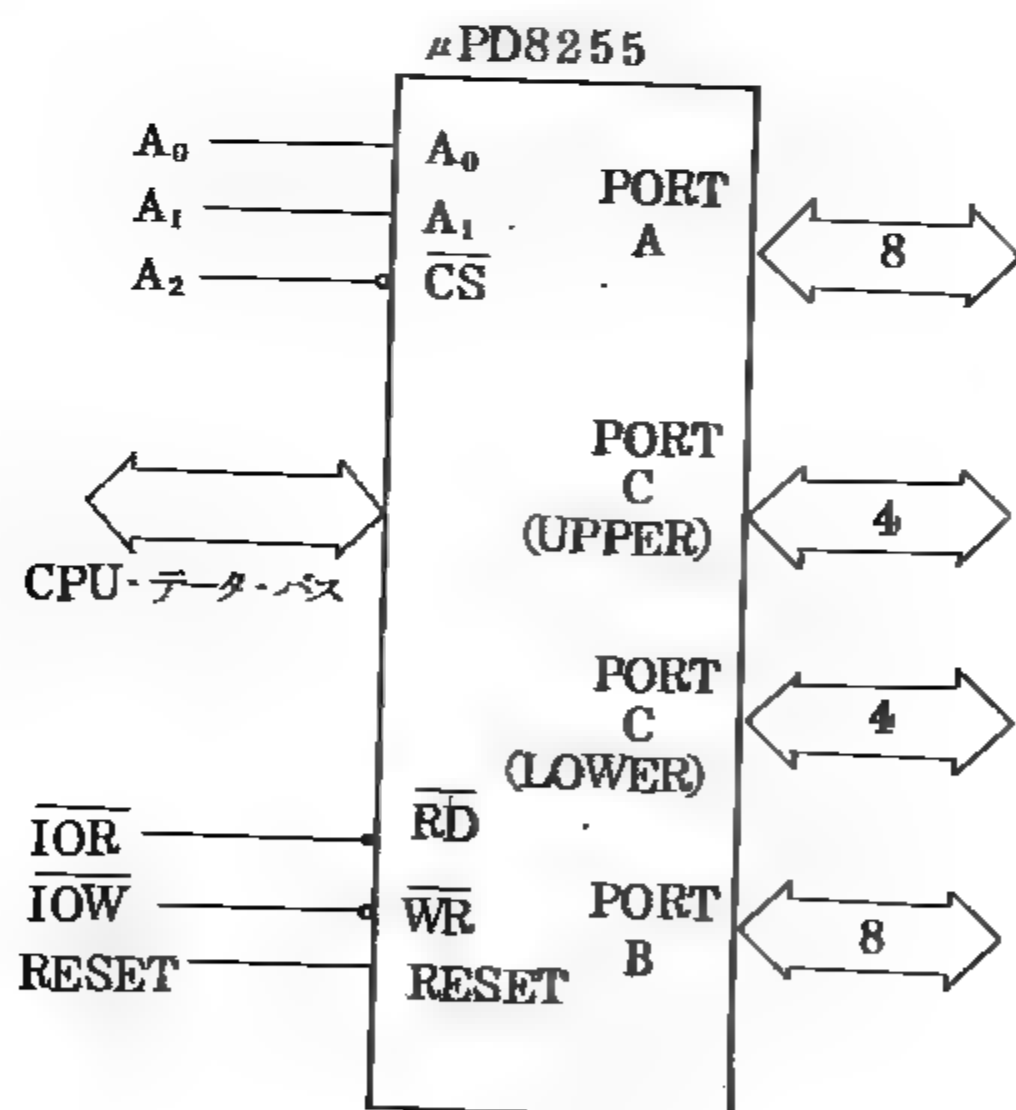
このような使い方が8端子まで可能

5.2.5 μ PD8255のプログラミング法

8255はプログラマブル・インタフェースであって、3つのポートプログラムによってモード0, 1, 2のいずれかを指定して使うことができます。モード1, 2は外部機器とのデータ転送を割り込みを用いたハンド・シェイキングという方法で実現できる高度な使い方ですので、このことに関しては個別開発速報を参考にしてください。

ここでは最も基本的に使われるモード0での使い方を説明しておきます。

図5-10 モード0での μ PD8255の各ポートの機能



○ポートA (8ビット)

入力ポート/出力ポートの指定ができます。
8ビットパラレルデータの入出力です。

○ポートC (上位4ビット), (下位4ビット)

上位, 下位4ビットずつ入出力の指定ができます。

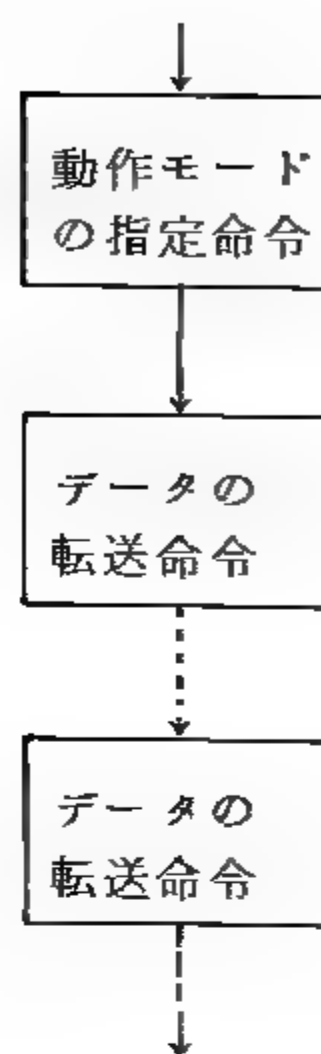
出力ポートにした場合には, ビットの位置を指定してのセット/リセットもできます。

○ポートB (8ビット)

Aポートと同じ機能です。

8255はRESET信号を受けると, すべてのポートが入力モードに戻されて, 以後命令で新しいモードがセットされない限りこの入力モードは継続されます。

8255のプログラムによる動作は次のようになります。



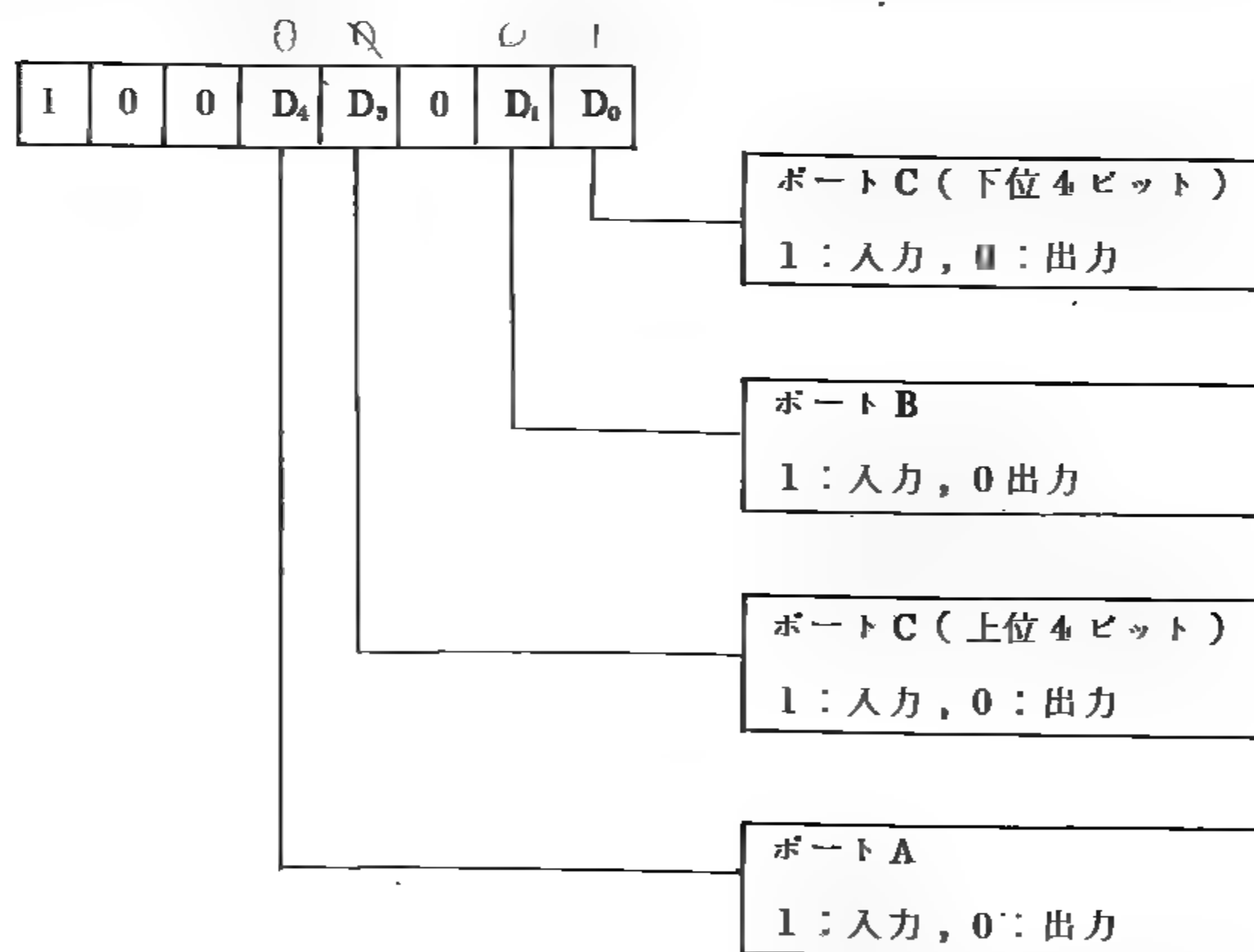
はじめに動作モードを設定しておく。

後はデータの転送命令だけでよい。

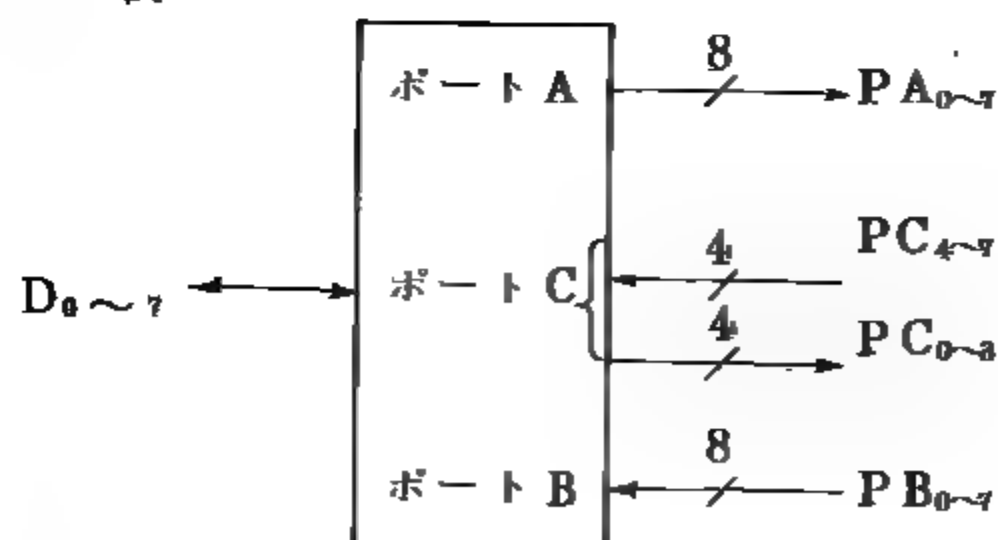
(1) 動作モードの指定

動作モードは、コントロール・ワードと呼ばれるデータを8255へOUT命令で送り込むことによりセットされます。

モード0でのコントロール・ワードの各ビットの指定は次の通りです。



例



この例の入出力組合せとするためには、コントロールワードは

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
1	0	0	0	1	0	1	0

8A₍₁₆₎

のようになります。

このコントロール・ワードをデータとして、出力命令で8255へ送り込みます。

このときのプログラムは次の通りです。

コーディング	機械語	
MVI A, 08AH	3E 8A	……コントロール・ワードの値をAにロード
OUT 03	D3 03	……コントロール・ワードを8255へ送り込む。

(OUT 03の03というI/OアドレスはTK-80での値です)

以上で動作モードのセットができます。

(2) データの出力

8255へデータを送り込むには、OUT命令を使いますが、このときのI/Oアドレスはポートによって異なります。

コーディング	Accの内容	機械語
OUT 00	……ポートA	D3 00
OUT 01	……ポートB	D3 01
OUT 02	……ポートC	D3 02

(3) データの入力

8255の各ポートからデータを入力する(CPUにAccにロードする)には、IN命令を使います。このときもポートによってアドレスが異なり、次のように対応しています。

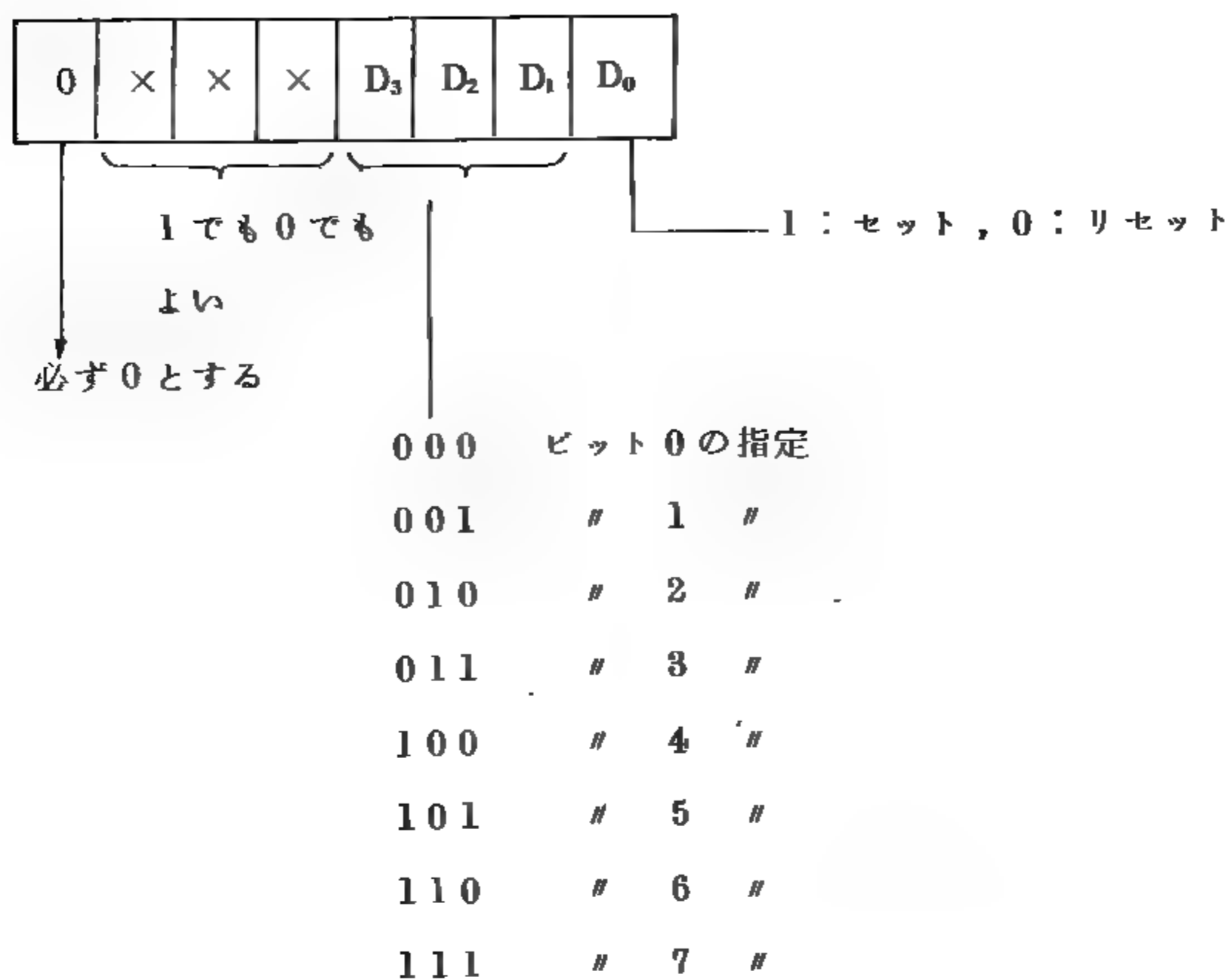
IN 00	ポートAから	DB 00
IN 01	ポートBから	DB 01
IN 02	ポートCから	DB 02

例 ポートAに01010101を出力し、ポートCの上位4ビットを読み取る。

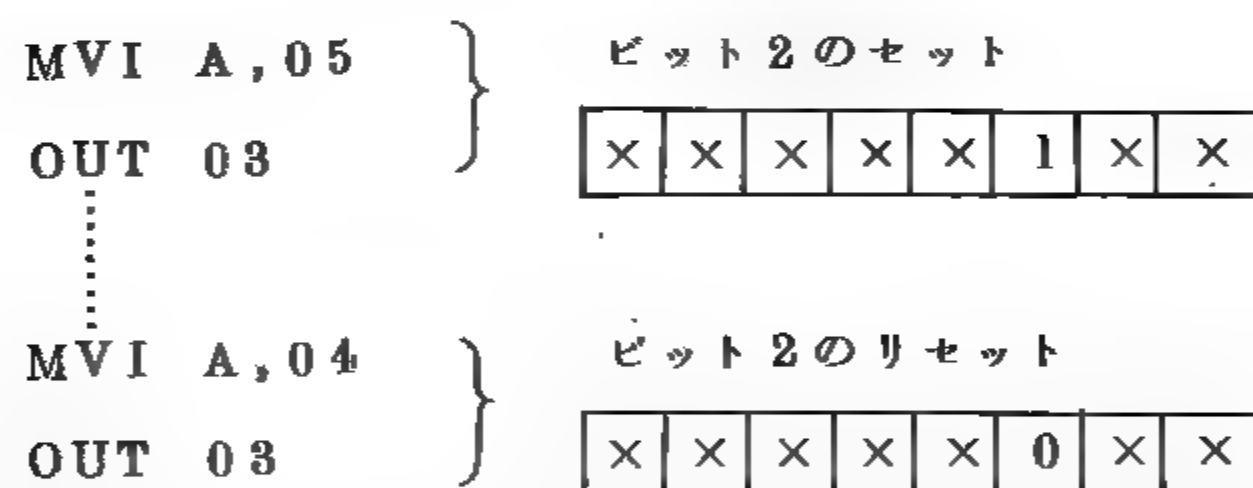
MVI A, 08AH	} モードのセット。これはプログラムの最初に一度行うだけでよい。
OUT 03	
}	
MVI A, 055H	} 01010101 → Acc
OUT 0	
	} (Acc) → ポートAに出力
IN 02	
	} ポートCのデータをAccに読み込みます。

(4) ポートCのビットセット/リセット

ポートCが出力としてプログラムされているときは、そのビット位置を指定して、1命令でセットまたはリセットを行うことができます。これはコントロール・ワードを8255へ送り込むことで実現されます。



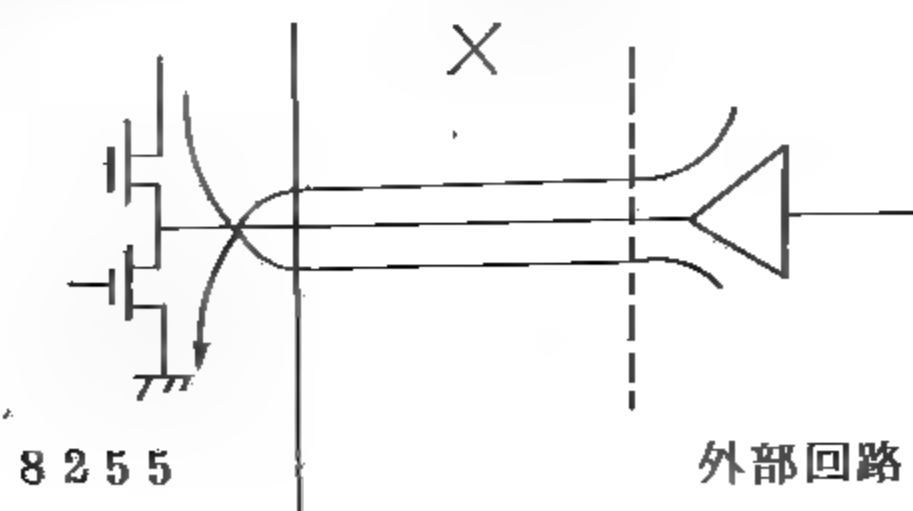
例 ポートCのビット2だけを1にして、その後再び0にする。他のビットの状態はそのままにしておきたい。このときのプログラムは次のようになります。



8255程のプログラマブルな能力が必要ないが、簡単にI/Oポートを実現したい場合は、μPB8212(8ビットI/Oポート)を使ってください。基本的な使用法は個別開発速報を参考にしてください。この場合も複数のポートの選択は、前述のようなアドレスの割り当て方法で行います。

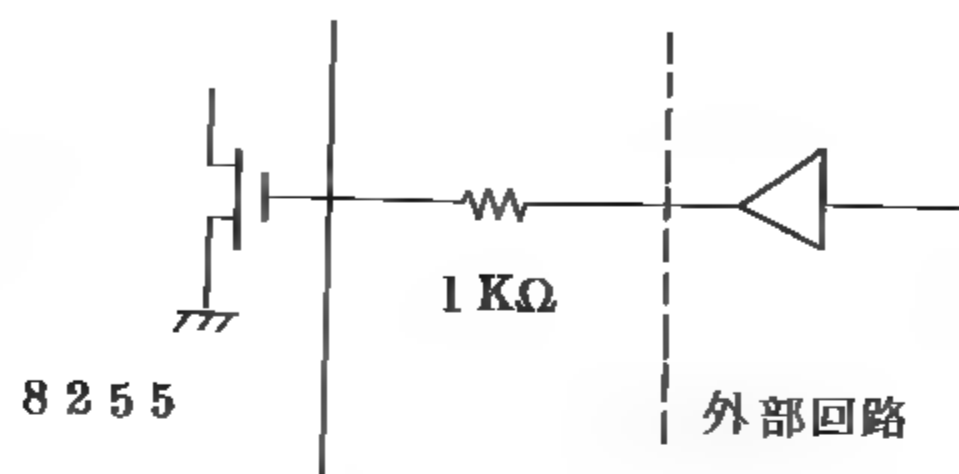
5.2.6 μPD8255の使用上の注意事項

- (1) 出力に指定したピンは、絶対外部からドライブしないでください。過大電流が流れます。



(2) 入力に指定したピンを誤って出力にプログラムしないでください。

ミスプログラムによる事故を防ぐために入力ピンには $1\text{K}\Omega$ 程度の抵抗を直列につないでおくことをお勧めします。



(3) 8255 は RESET 信号により，3つのポートがすべて入力モードとなります。

(4) 8255 のポート端子を外部へ引き出す場合には $100\text{K}\Omega$ 程度のプルアップ抵抗をつけてください。

(5) 外部回路の電源が TK-80 と別系統の場合は，先に TK-80 の電源を入れ，リセットした後で外部回路の電源を投入するように心掛けてください。

(6) 外部回路から 8255 の端子へ過大電圧がかからないように注意してください。

5.2.7 アドレス/データ信号端子

TK-80 のアドレスバスとデータバスは，プリントボードの端子に配線されています。

アドレスバス		ボード端子		データ・バス		ボード端子	
A B	0	B	17	D B	0	B	33
"	1	"	16	"	1	"	32
"	2	"	15	"	2	"	31
"	3	"	14	"	3	"	30
"	4	"	13	"	4	"	29
"	5	"	12	"	5	"	28
"	6	"	11	"	6	"	27
"	7	"	10	"	7	"	26
"	8	A	17				
"	9	"	16				
"	10	"	15				
"	11	"	14				
"	12	"	13				
"	13	"	12				
"	14	"	11				
"	15	"	10				

ボードの他の端子は空き端子となっていますので、必要な信号は適当な端子へもってくることができます。

第6章 TK-80CMTインタフェース

はじめに

TK-80は、そのプログラムエリアとして0.5 Kバイト（最大1 Kバイト）のRAMが実装されており、アプリケーション・プログラムを実行させるためには、まずキーボードより機械語で、プログラムを書き込んでおく必要があります。

TK-80のRAMは、C-MOSのデバイスを使用しているため乾電池を接続することにより、電源を切った後もRAM内のプログラムを保持しておくことができますが、それもその時RAMに書き込まれているプログラムのみで、いくつものプログラムを長時間保持しておくことは不可能です。

そこでこの章で述べる簡単なインタフェースをTK-80ボードのユニバーサル基板の部分に作ることによって、普通のカセット式ポータブル・テープレコーダをTK-80に接続し、テープにRAM内のプログラムを録音していくつものプログラムをファイルしておき、必要な時にTK-80のRAMにテープにファイルされているプログラムをロードし実行させることが可能となります。

テープレコーダとのデータの送受は、モニタプログラムが管理しキーコマンドにより簡単に行わせることができます。

5.1 概 要

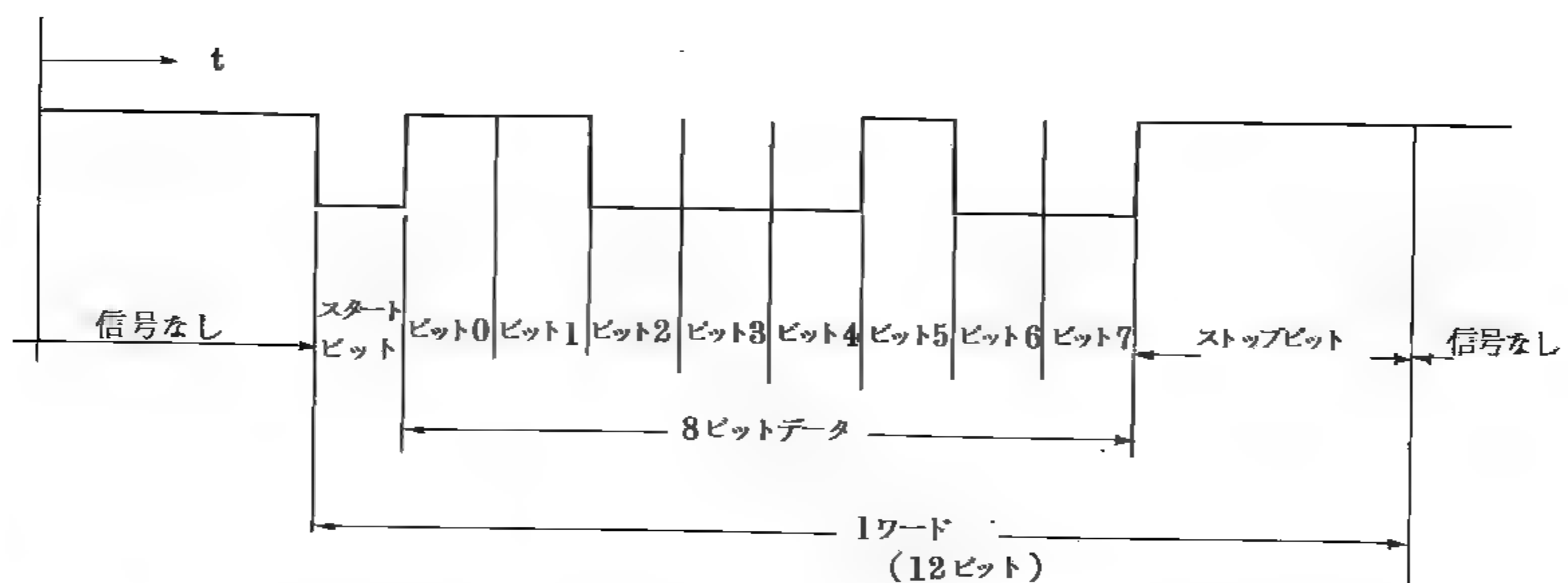
このインタフェースは、デジタル信号を可聴帯域のオーディオ信号に変調して、テープレコーダに出力する変調回路、テープレコーダからのオーディオ信号を再びデジタル信号に復調してシステムに供給する復調回路とで構成されています。

本説明書では、転送データの形式、変復調原理、さらにインタフェースの製作方法について述べていきます。

6.2 データのフォーマット

データは、1ワード(8ビット)を1つの単位として、各ビットのデータをシリアルに転送します。1ワードの転送フォーマットは次のようになっています。

図6-1 データ・フォーマット



1ワードの転送用データは、スタートビットではじまりストップビットで終了します。

スタートビットは、これから1ワード分のデータを転送することを示す同期用ビットで、1ビット長のロウレベル信号を転送します。

スタートビットの直後から1ワード(12ビット)のデータを、下位ビットよりシリアルに転送していきます。この時の論理は、データ"1"はハイレベル、データ"0"は、ロウレベルとなります。

8ビットのデータの後、3ビット長のストップビットを転送して1ワードのデータは終了します。

ストップビットは、3ビット長のハイレベルの信号で、1ワードのデータ転送が終了したことを示すと同時に次に転送されてくるデータとの区切りとして使用されます。

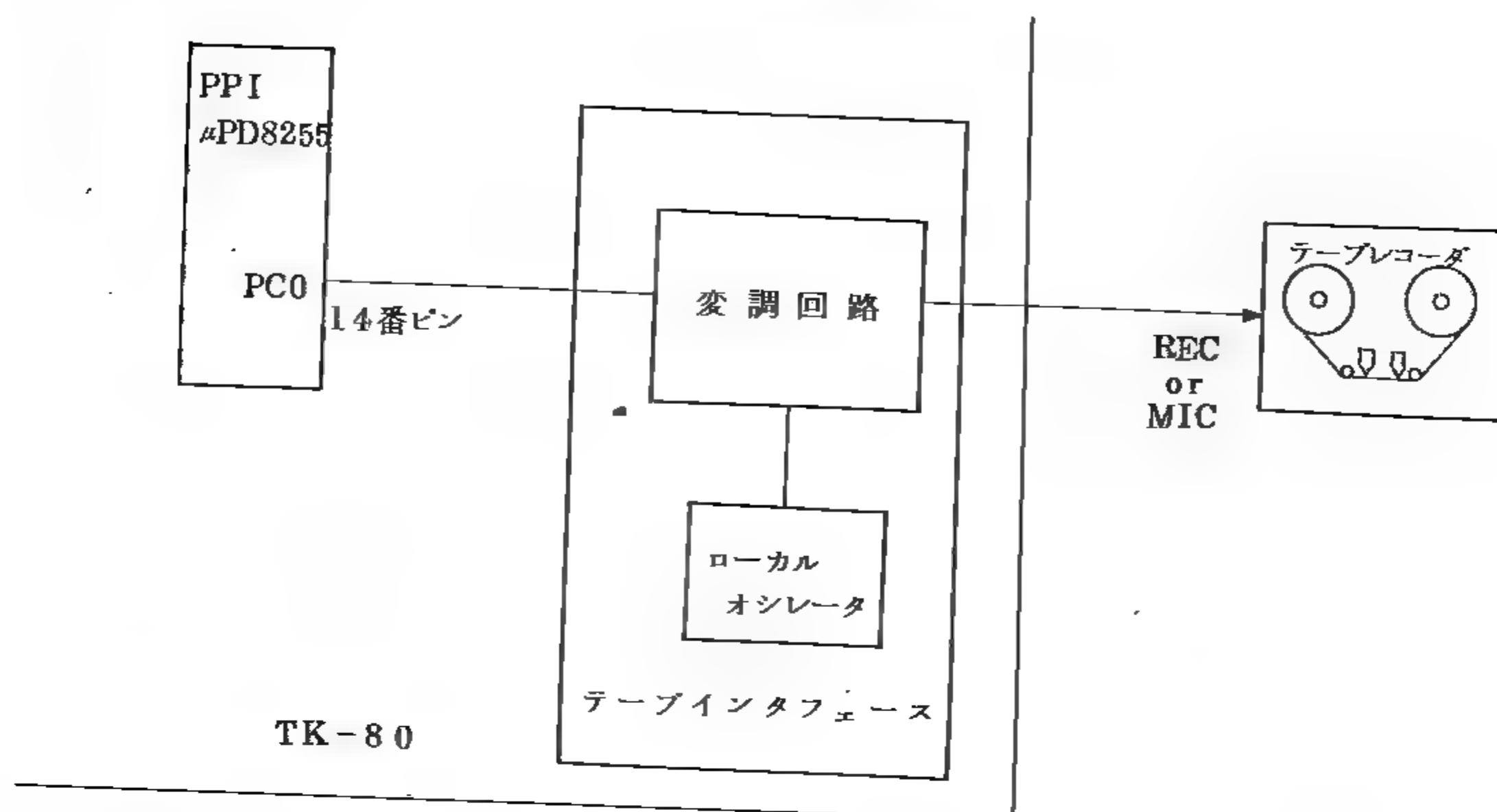
上記の例は、23(16進)というデータを転送する場合の波形です。

転送速度は、テレタイプとの互換性を考えテレタイプと同じにしています。

ストップビットが、3ビットあるために1ワードが12ビット構成となりますので、1ワードの転送に必要な時間は約110msecということになり、256ワードの転送は約28秒、1Kワードの転送は約2分ということになります。

6.3 データの送信

図6-2 データ送信インタフェース



送信用データは、モニタプログラムによりPPI (μPD8255) のPC0端子 (14番ピン) に出力されます。

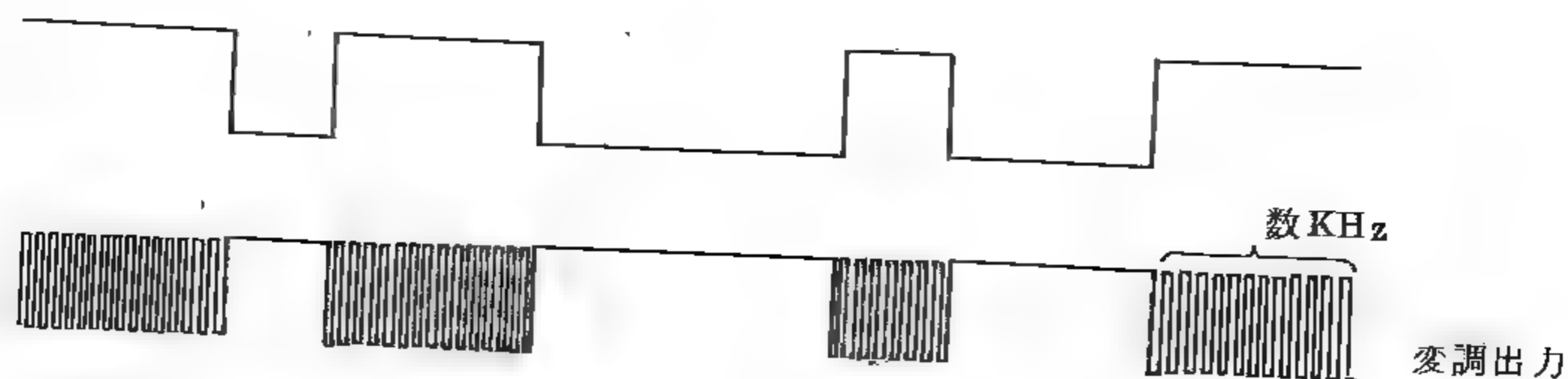
モニタプログラムは、セットされた転送スタート番地とエンド番地をパラメータとしてその範囲のメモリの内容を1つのブロックとして転送します。

この時のデータブロックは次のように構成されます。

スタート 番地 [HI]	スタート 番地 [LO]	エンド 番地 [HI]	エンド 番地 [LO]	データ	データ	データ	-----	データ	チェック サム コード
--------------------	--------------------	-------------------	-------------------	-----	-----	-----	-------	-----	-------------------

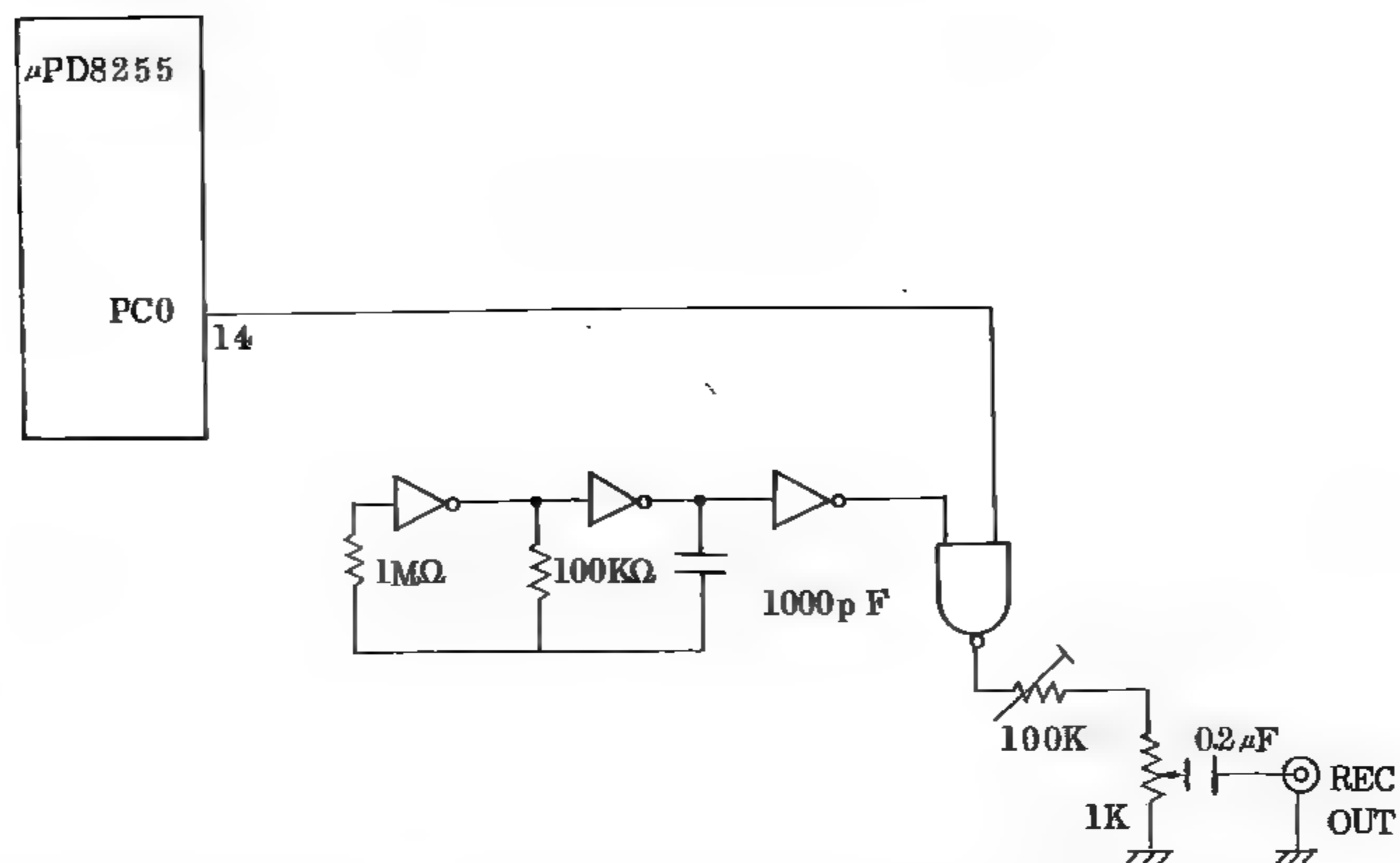
ここで各データ (8ビット) は、6.2項のフォーマットに従って構成されています。

PPIのポートCより出力された転送データは、カセットインタフェースの変調回路により、次のような信号に変調されます。



6.4 変調回路

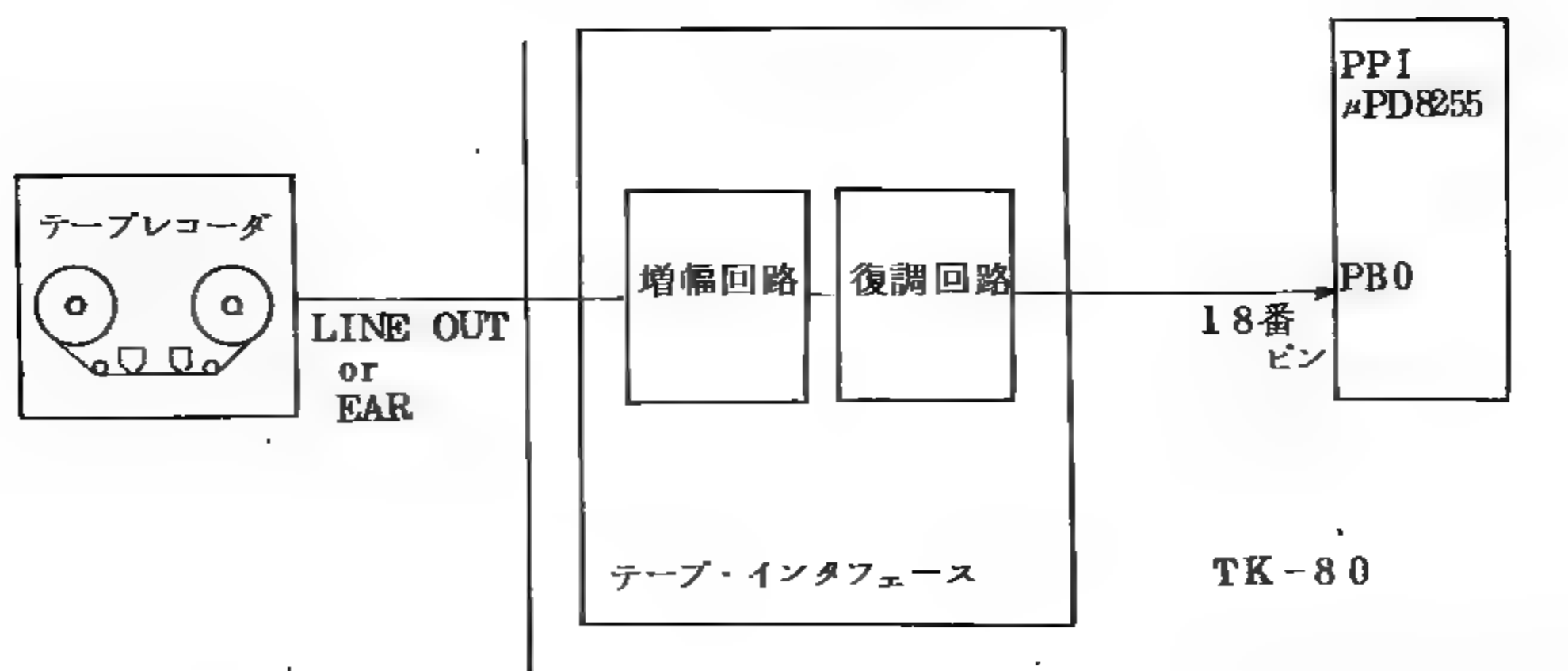
図 6-3 変調回路



変調回路は、C MOSのインバータによって構成されている発振器（発振周波数数kHz）によって発振させたパルスを出力ポートからの転送データ信号によってスイッチングするという簡単なものです。

6.5 データの受信

図 6-4 データ受信インタフェース



テープレコーダからの再生出力は、テープ・インタフェース内の増幅回路で増幅され復調回路において再びデジタル信号に復調されます。

モニタプログラムは **LOAD DATA** キーが押されると、ポートBのビット0 (PB0) をセンスしはじめます。

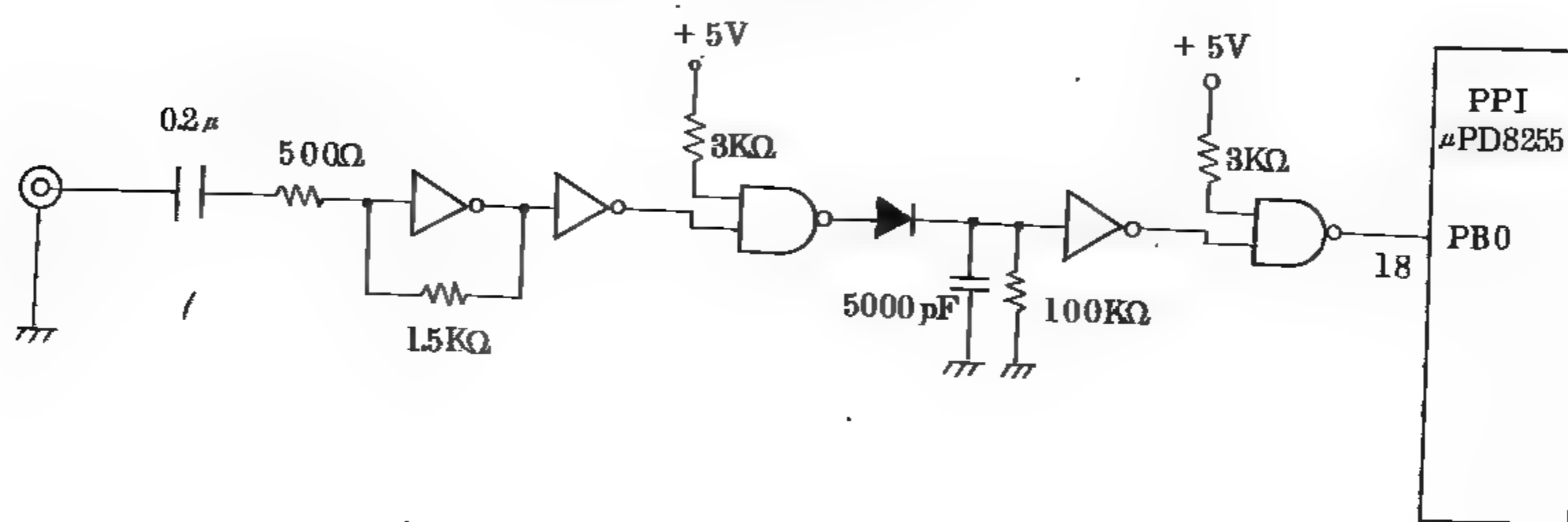
ここでスタートビット（ロウレベル）が検出され、そのビットの中央でスタートビットが確認されると、1ビット分の時間のインターバルをおきながらデータを読み込み、シリアルデータを8ビットのデータに編集していきます。

モニタは、転送されてくるデータの最初の4ワードで転送スタート番地とエンド番地を受け取り、順次アドレスを更新しながら所定の番地にデータをロードしていきます。

データのロードが終了すると、最後に転送されてくるチェック・サム・コードを受け取り、今までに受信したデータにエラーがないかどうかをチェックします。

6.6 復調回路

図 6 - 5 復調回路



テープレコーダの復調出力は、C-MOSのインバータによって構成された増幅器によりロジックレベルまで増幅された後、ダイオードとCRで構成された積分回路により復調されバッファを介して入力ポートにデジタル信号として供給されます。

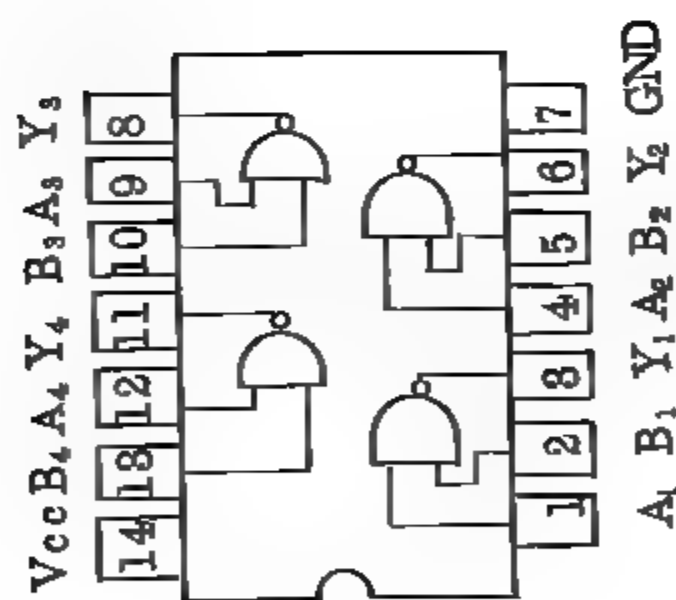
6.7 インタフェース製作および使用法

6.7.1 部品表

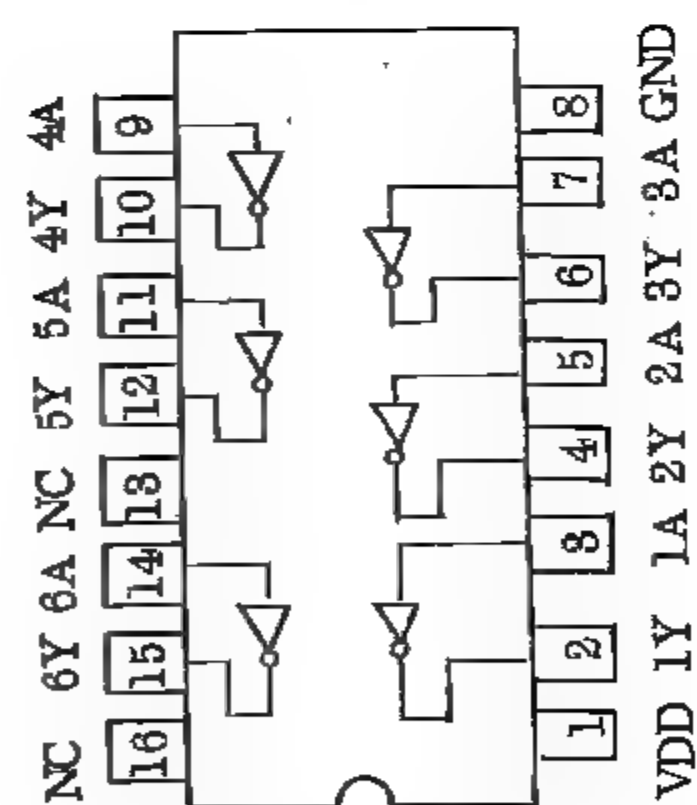
以下の部品を用意してください。

注 これらの部品はキット内には含まれておりません。

IC	μ PD4049C	又は相当品	1
	μ PB201C/7400	又は相当品	1
ダイオード	1S953		1
R	1M Ω	1/4W	1
	100K Ω	1/4W	2
	3K Ω	1/4W	2
	1.5K Ω	1/4W	1
	500 Ω	1/4W	1
	100K Ω	半固定抵抗	1
	1K Ω	半固定抵抗	1
C	1,000 pF	2.5V程度	1
	10,000 pF	2.5V程度	1
	0.2 μ F	2.5V程度	2

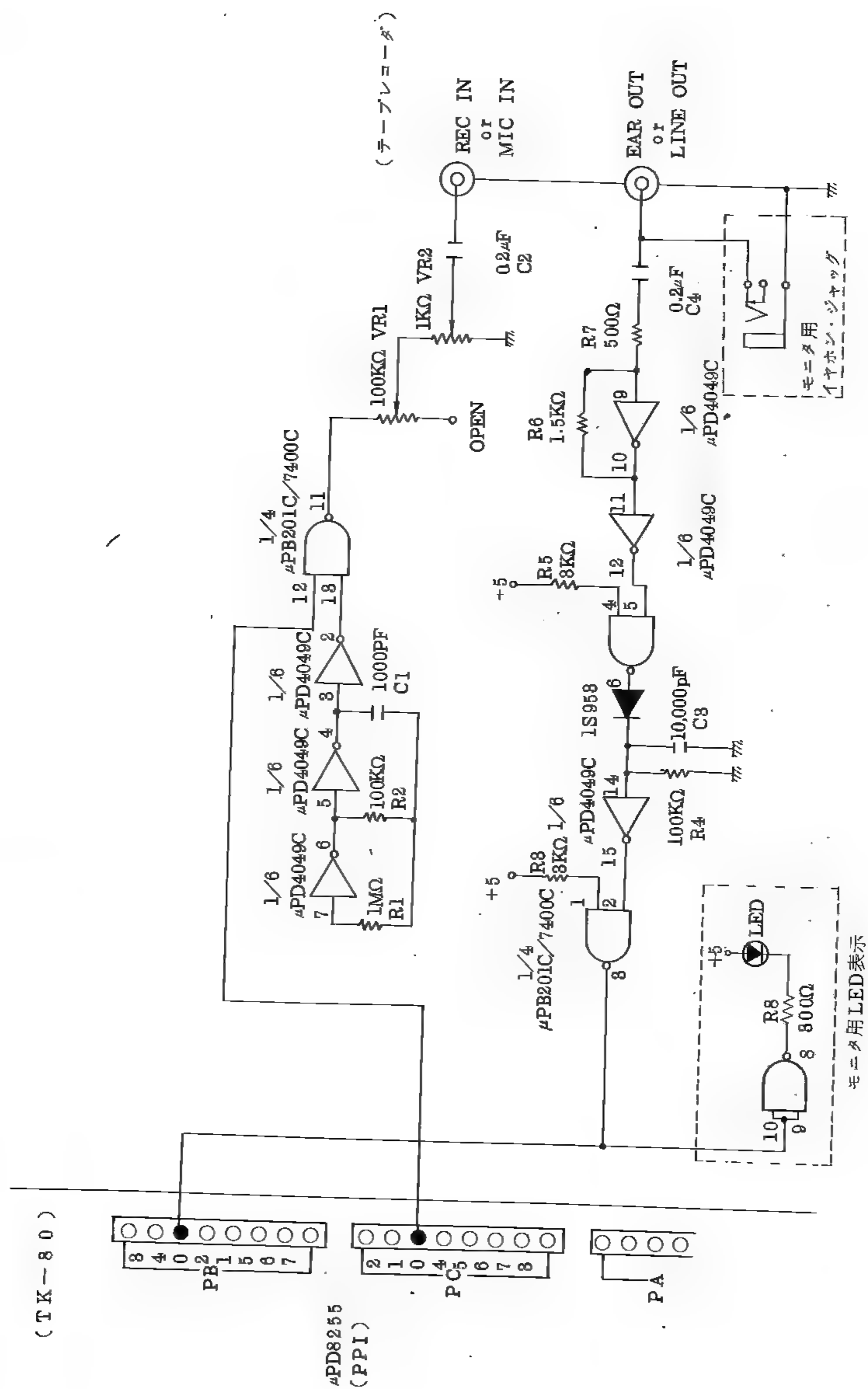


μ PB201C
7400



μ PD4049C

図 6-6 4PD8255-CMT インタフェース回路




6.7.2 テープへの録音

変調回路の出力をマイク入力端子かライン入力端子に接続します。この時使用するケーブルは、外部ノイズを考慮し、シールド線を使用してください。

これでデータ転送の準備ができたわけですが、実際にデータを録音する前に録音入力レベルを適正なものに調整する必要があります。

録音レベルは、半固定抵抗VR1およびVR2で行います。

 キーを押すと、テープ録音端子からは、インタフェース内にあるローカルオシレータの発振信号（数KHz）が出てきます。


この信号を録音して、録音状態を調べ最適な録音レベルとなるように、VR1およびVR2によって録音出力レベルを調整します。

もしテープレコーダにVUメータ（録音レベルメータ）が付いているならば、VUメータを見ながら録音レベルの調整を行ってください。


調整は、まずVR2を中間位置にセットして、VR1を調整します。その後VR2で微調整を行います。


録音レベルが適当でない場合は、テープからプログラムをロードする際のエラー原因となります。

録音レベルの調整が終了しますといよいよプログラムを転送、録音します。

まずデータキーにより、転送開始番地をデータレジスタにセットし  キーを押します。続いて、転送終了番地をデータレジスタにセットします。

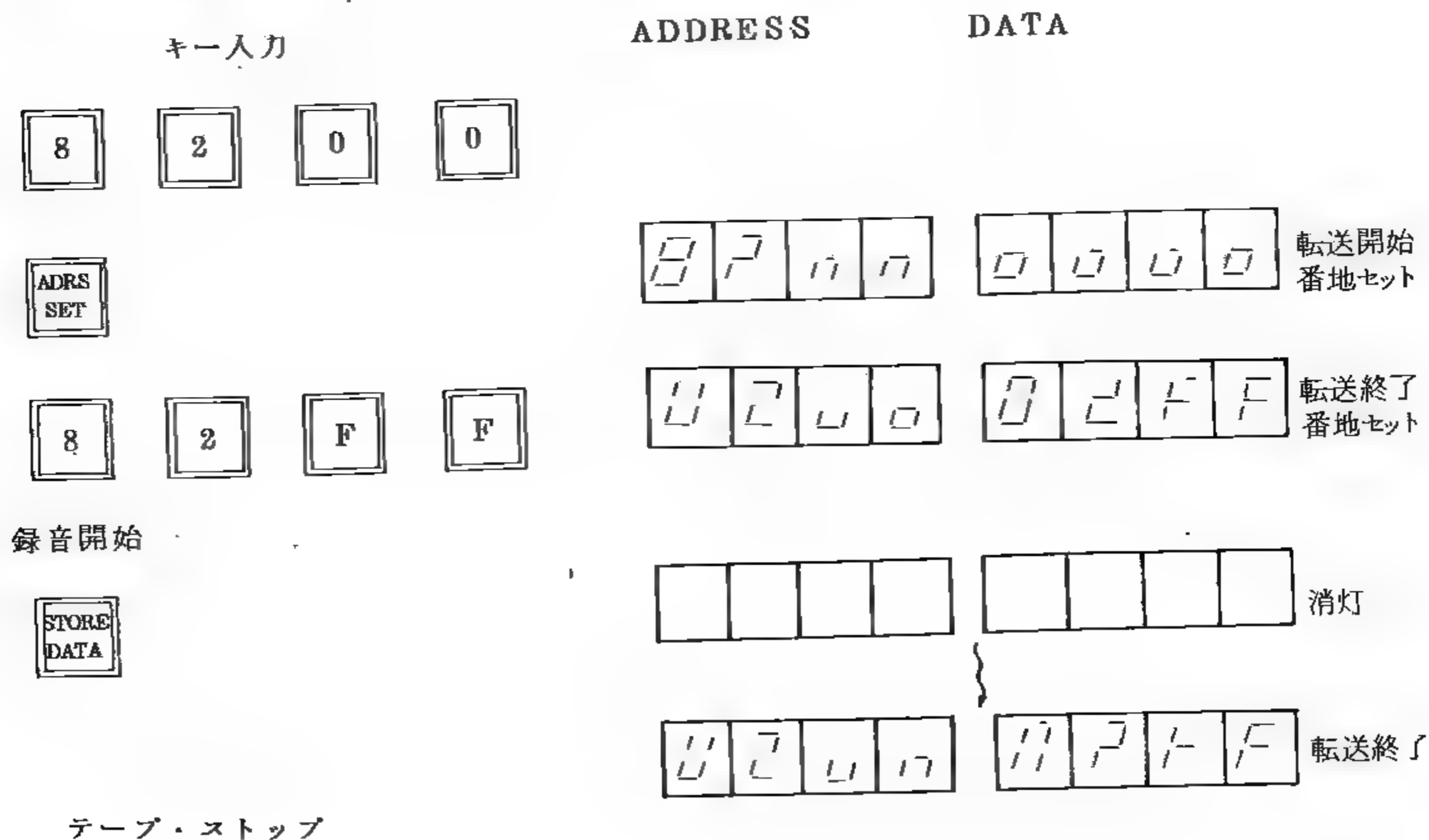
ここでテープレコーダを録音状態として、先ほどの発信を数十秒録音します。

この後  キーを押してください。

 キーが押されるとLEDディスプレイ上の表示が消灯し、データの転送がはじまります。

データの転送が終了すると、再びLEDディスプレイが点灯して、データの転送が終了したことを表します。

これを確認した上でテープレコーダをストップさせてください。



6.7.3 データのロード

テープレコーダのイヤホン出力端子か、ライン出力端子を復調回路の入力端子に接続します。接続ケーブルは、シールド線が望ましいでしょう。

テープよりデータをロードする場合も、テープレコーダの出力レベルの調整が必要です。

復調回路の入力レベルは、1V程度必要です。ポータブル・テープレコーダのイヤホン出力端子は、スピーカと並列になっているものが多いためこの程度の出力レベルが得られますが、もしこの出力レベルが得られない場合は、復調回路の前段で電力増幅を行ってください。また出力信号が歪んでいるとエラーの原因になりますので、出力信号が歪んでいないことを確認してください。

調整が終了すると、データのロード操作に移ります。

回路図に付加されているモニタ用イヤホンジャックがついている場合は、イヤホンでテープ出力をモニタしながら操作するとよいでしょう。

RESET キーを押してモニタプログラムを走らせます。

次にテープレコーダの再生を開始し、データの前に録音されているマーク音(4KHz程度の発振音でデータ転送を開始する前に録音したもの)を確認した後 **LOAD DATA** キーを押します。

この操作によりLEDディスプレイが消灯し、データの受信が開始されます。

テープには、データのロード先頭番地とエンド番地も記録されているため、データは自動的にその領域にロードされます。

データのロードが終了するとサムチェックを行い、受信したデータにエラーがないことを自動的に確認します。

ここでエラーがないことが確認されると、アドレス・ディスプレイにデータ転送のスタート番地、データ・ディスプレイにはエンド番地が表示されます。

もしエラーが検出されると、LEDディスプレイにエラーメッセージが表示されます。

キー入力

ADDRESS

DATA



テープ再生開始

マーク音確認



受信中消灯




受信終了エラーなし



受信終了エラーあり

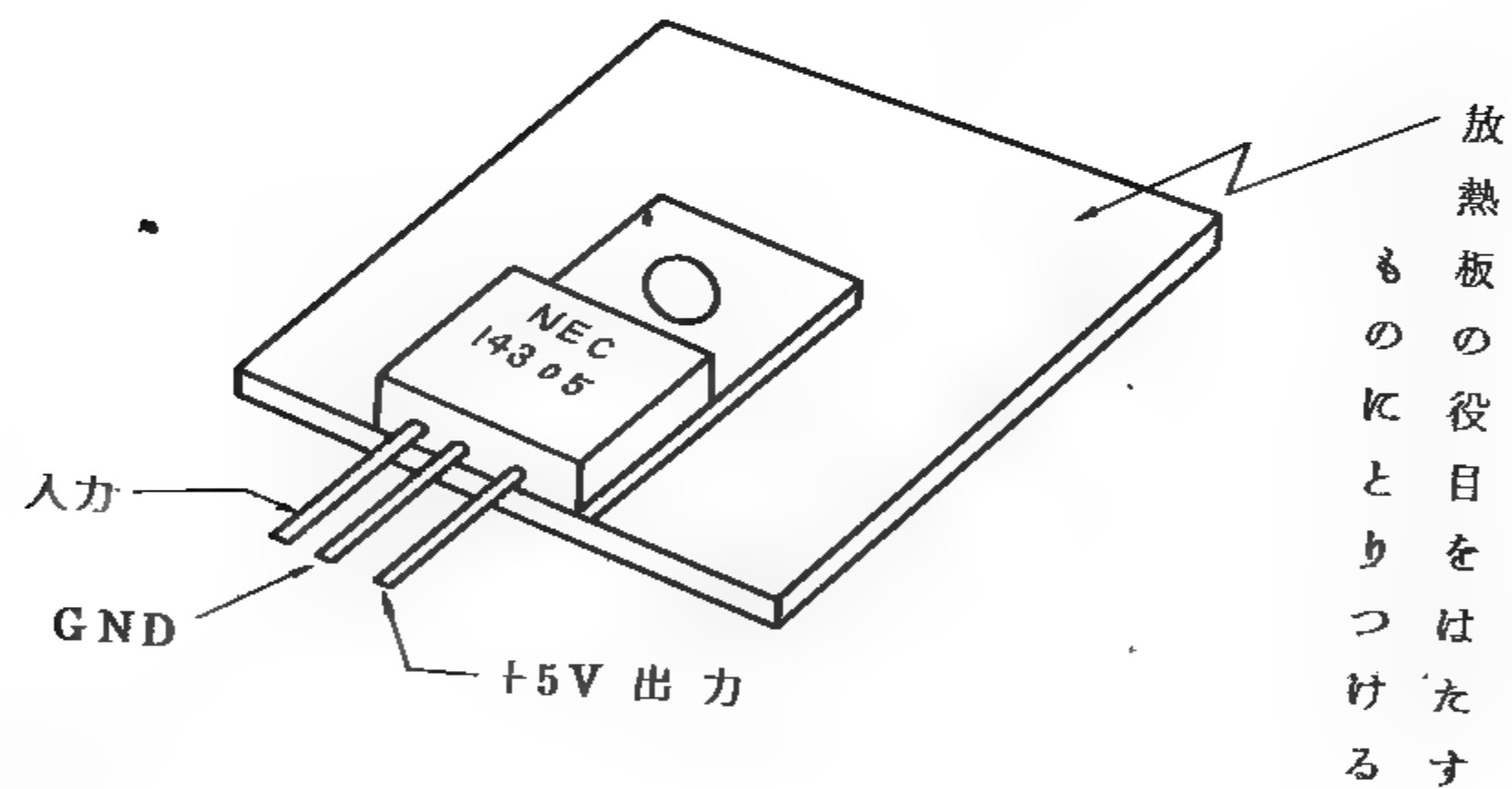
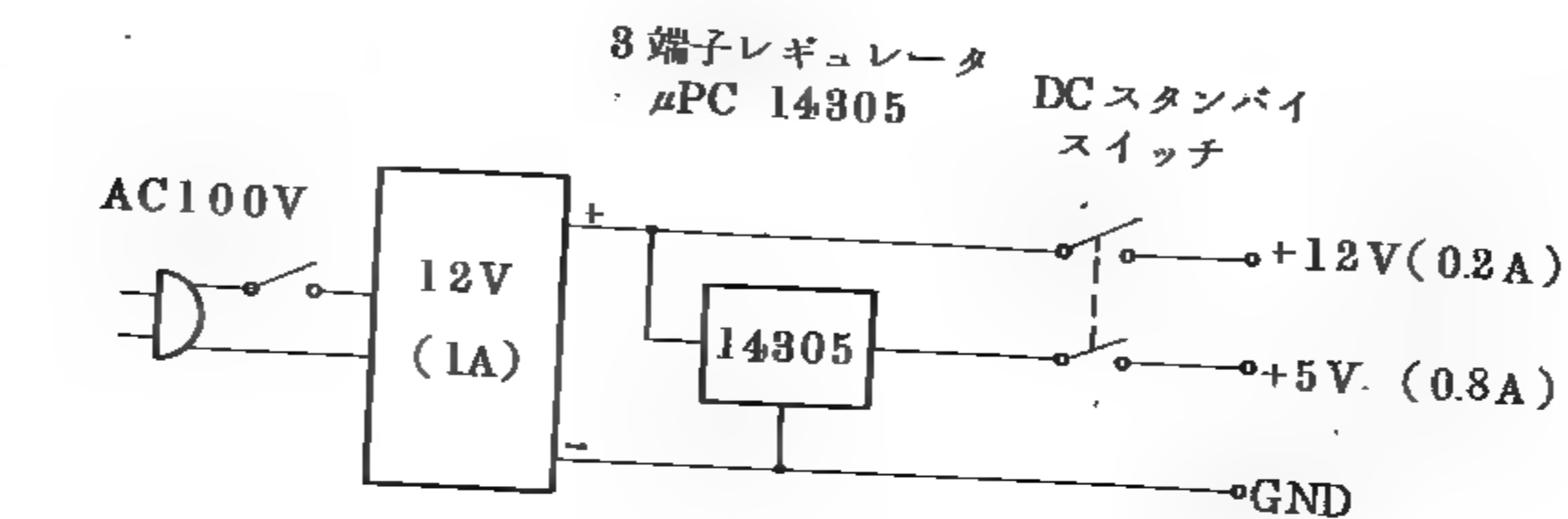
また最初に入っている転送スタート番地もしくはエンド番地をリードエラーしますと、前記のような表示はされず、受信状態から抜け出してこないことがあります。

エラーが発生した場合、その原因は単発的なノイズか録再生レベルが不適当であることが考えられますので、まずは再生レベルを再調整してやりなおしてください。また前記のように受信状態から抜け出してこない場合は、 キーを押してからやりなおしてください。

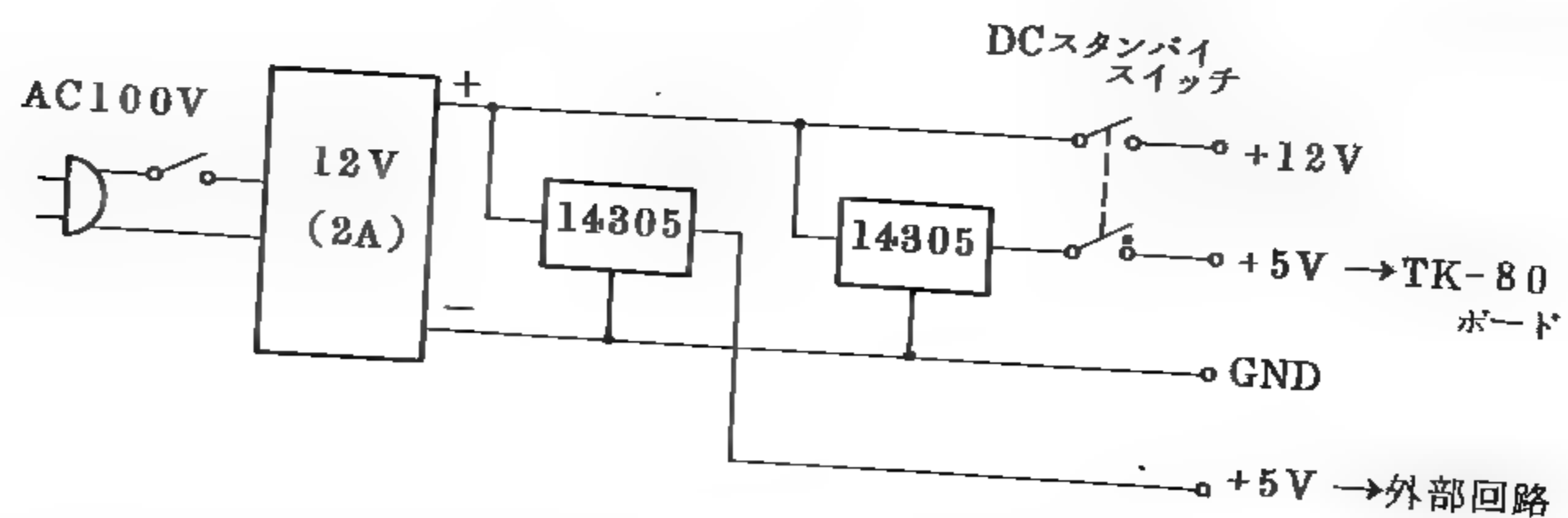
第7章 TK-80用電源回路例

7.1 3端子レギュレータを使用する場合

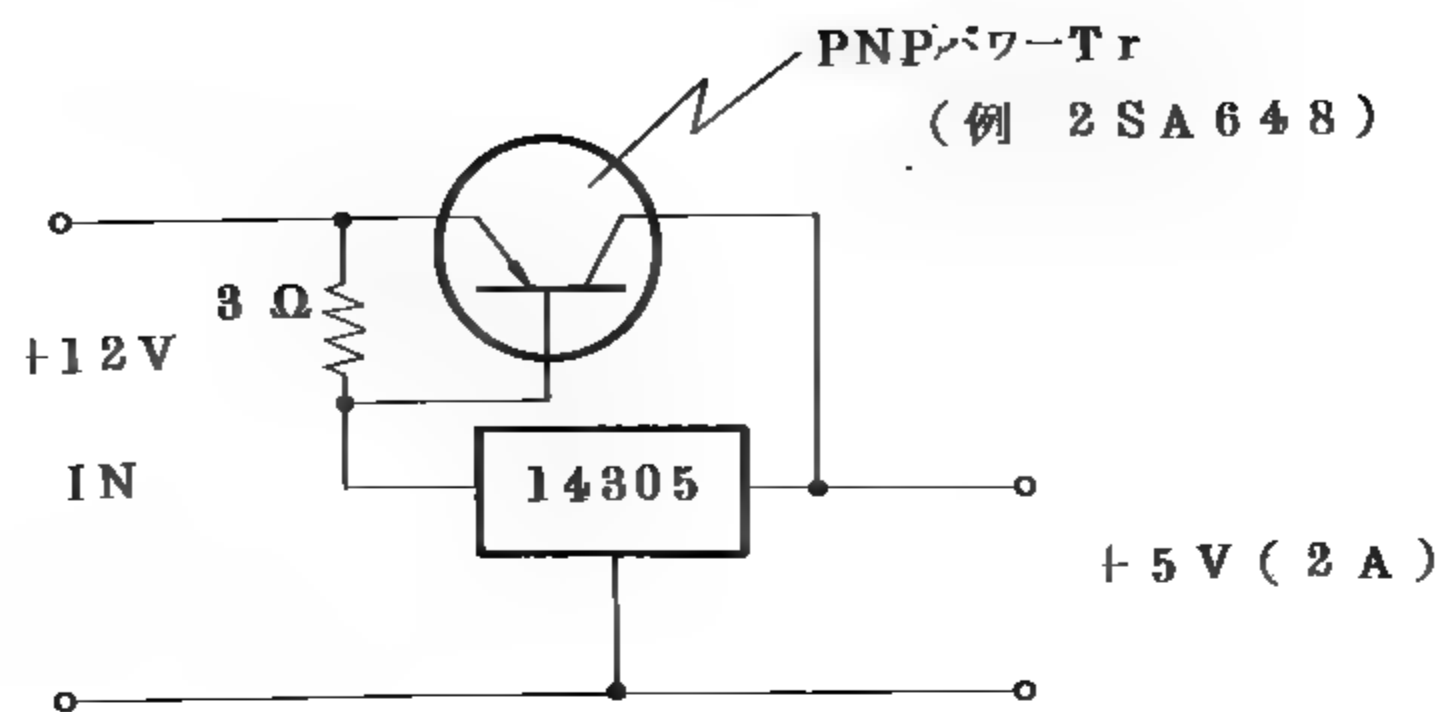
TK-80には、+12V、+5Vの2電源が必要ですが+12V電源の電流容量に余裕があれば、+12Vから+5Vを作り出して使用することができます。



+5Vの電流容量をさらにふやしたい場合には、次の図のように3端子レギュレータを複数個使うとよいでしょう。



3端子レギュレータ1個で済ませたい場合には、次のような回路でも電流容量は増やせます。ただし、レギュレーションは多少悪くなります。

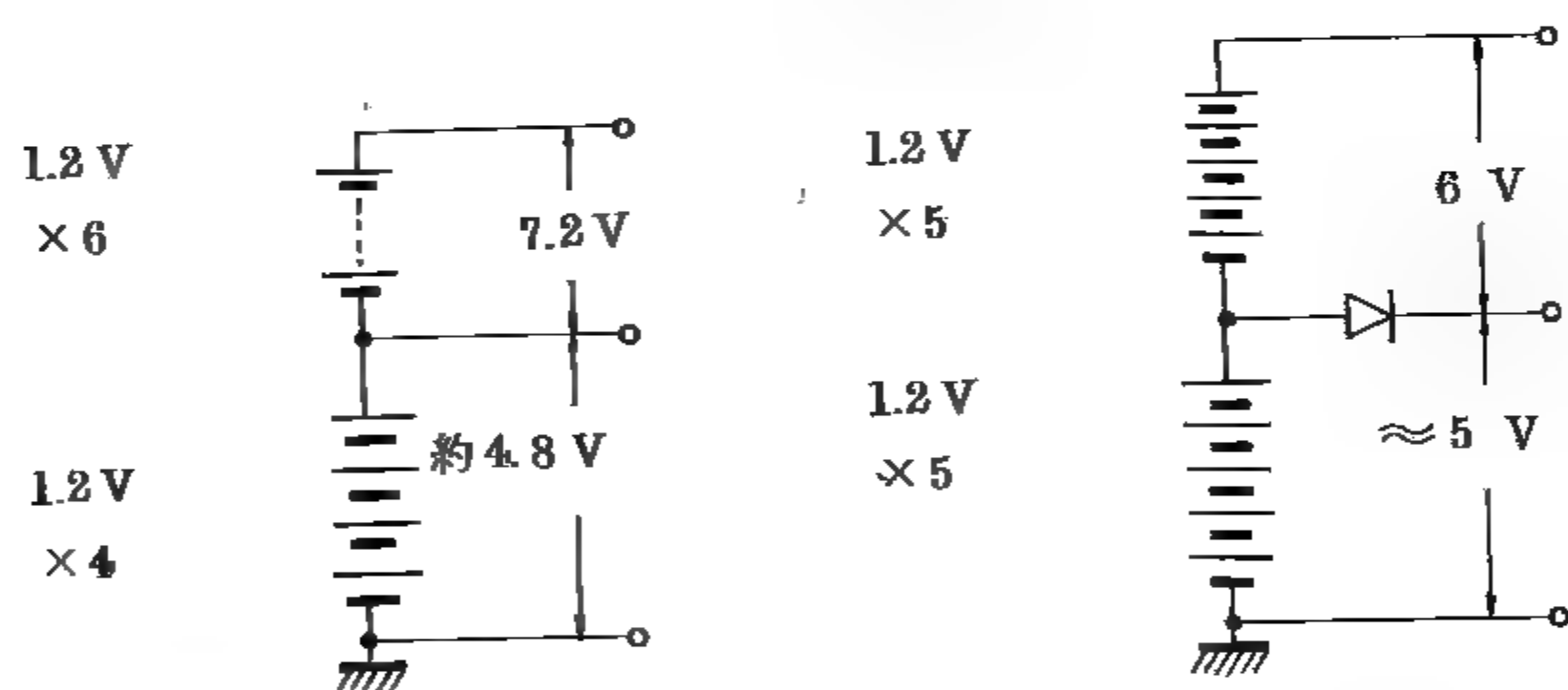


7.2 バッテリー動作

ニッケル・カドミウムの充電可能な電池を使うのが便利です。

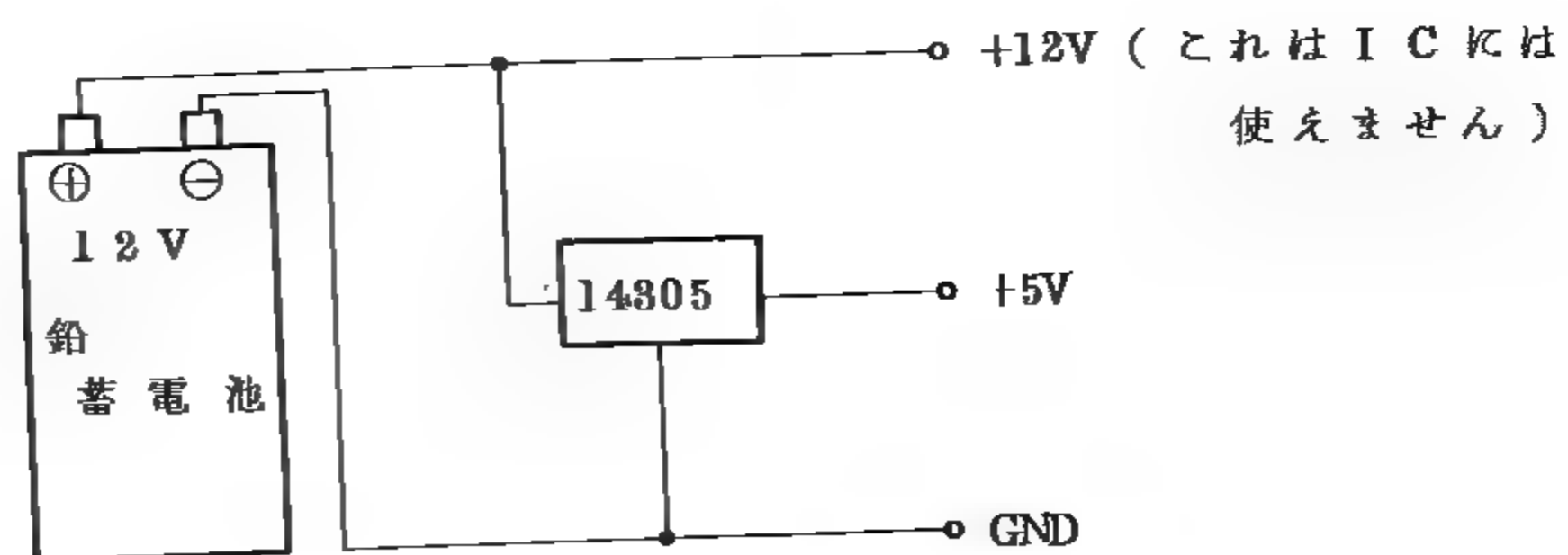
この場合端子電圧は、1個当たり1.2V（公称電圧）ですので、+5Vとしては4個直列の4.8Vか、5個直列の6Vをダイオードの順方向電圧分落として5V近くで使用できます。

ニッケル・カドミウム電池の場合



容量の大きい12Vの鉛蓄電池がある場合、3端子レギュレータで5Vに落とすようにしておけば、電池の端子電圧が相当減少しても使用できます。

12V鉛蓄電池の場合は簡単です。



注 自動車のバッテリーから電源を供給する場合エンジンの回転数に応じてバッテリーの端子電圧が変動しますので、直接TK 80の+12V電源には接続しないでください。

付図. I プリント基板端子配列表

端子番号	端子名	端子番号	端子名
A 1	GND	B 1	GND
2	GND	2	GND
3	+5V	3	+5V
4		4	
5	+12V	5	+12V
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
10	AB15	10	AB 7
11	AB14	11	AB 6
12	AB13	12	AB 5
13	AB12	13	AB 4
14	AB11	14	AB 3
15	AB10	15	AB 2
16	AB 9	16	AB 1
17	AB 8	17	AB 0
18		18	
19		19	
20		20	
21		21	
22		22	
23		23	
24		24	
25		25	
26		26	DB 7
27		27	DB 6
28		28	DB 5
29		29	DB 4
30		30	DB 3
31		31	DB 2
32		32	DB 1
33		33	DB 0
34		34	
35		35	
36		36	
37		37	
38		38	
39		39	
40		40	
41		41	
42		42	
43		43	
44		44	
45		45	
46		46	
47		47	
48		48	
49		49	
50	GND	50	GND

付図Ⅲ プリント基板部品面図

